



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS EN TOPOGRAFÍA,
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA**



**TITULACIÓN DE INGENIERO TÉCNICO
EN TOPOGRAFÍA**

PROYECTO FIN DE CARRERA

**MODELIZACIÓN 3D DE LA FACHADA PRINCIPAL DEL
MONASTERIO DE SANTIAGO DE UCLÉS**



Madrid, (Abril, 2014)

Alumno: Rubén Burón Fernández

Tutor: Mercedes Farjas Abadía

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	3
1.1.	OBJETIVOS DEL PROYECTO	4
1.2.	ANTECEDENTES	5
1.3.	EL ESCANEADO LÁSER ESCÁNER	6
1.4.	TECNOLOGÍA LÁSER ESCÁNER	7
1.5.	APLICACIONES	8
2.	SITUACIÓN Y RESEÑA HISTÓRICA.....	11
2.1.	SITUACIÓN GEOGRÁFICA	12
2.2.	HISTORIA DEL MONASTERIO DE UCLÉS.....	13
2.3.	ARQUITECTURA Y ORNAMENTACIÓN	14
3.	LÁSER ESCÁNER	16
3.1.	INTRODUCCIÓN	17
3.2.	CLASIFICACIÓN	18
3.3.	INSTRUMENTAL	19
3.4.	METODOLOGÍA DE TRABAJO	21
3.5.	SISTEMAS INFORMÁTICOS.....	26
4.	METODOLOGÍA DE TRABAJO DE CAMPO	27
4.1.	INTRODUCCIÓN	28
4.2.	PREPARACIÓN DEL LEVANTAMIENTO	29
4.3.	ELECCIÓN, SEÑALIZACIÓN Y REGISTRO DE DATOS DE LAS BASES GNSS	30
4.4.	REEMPLAZO DE LOS RECEPTORES GNSS POR LAS DIANAS RÍGIDAS	33
4.5.	DISTRIBUCIÓN DE LAS DIANAS ADHESIVAS Y ESFERICAS	34
4.6.	CONFIGURACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL EQUIPO LÁSER ESCÁNER	36
4.7.	ESTACIONAMIENTO DEL LÁSER ESCÁNER	38
4.8.	TOMA DE DATOS: ESCANEADO DE LA FACHADA	39
5.	METODOLOGÍA DE TRABAJO EN LABORATORIO	40
5.1.	INTRODUCCIÓN	41
5.2.	CÁLCULO DE COORDENADAS DE LAS BASES GPS EN POSTPROCESO	42
5.3.	IMPORTACIÓN DE LAS NUBES DE PUNTOS	47
5.4.	ORIENTACIÓN RELATIVA: FUSIÓN DE LAS NUBES DE PUNTOS	51
5.5.	ORIENTACIÓN ABSOLUTA: GEORREFERENCIACIÓN DE LAS NUBES DE PUNTOS	55
5.6.	SEGMENTACIÓN DE LA NUBE DE PUNTOS	59
5.7.	MUESTREO DE LA NUBE	66

5.8.	CREACIÓN DE MALLAS	68
5.9.	EDICIÓN DE MALLAS	73
5.10.	MODELADO DE LA NUBE DE PUNTOS	76
5.11.	TRATAMIENTO DE HUECOS	82
5.12.	ASIGNACIÓN DE TEXTURAS.....	85
6.	ESTUDIO DE PRECISIONES.....	89
6.1.	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	90
7.	OBTENCIÓN DE PRODUCTOS FINALES	14142
7.1.	INTRODUCCIÓN.....	14243
7.2.	GENERACIÓN DE ORTOFOTOS	14344
7.3.	GENERACIÓN DE VIDEO DIVULGATIVO.....	14646
8.	PRESUPUESTO.....	14747
9.	CONCLUSIONES	15152
10.	BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA	15454
11.	ANEXOS	15656
11.1.	FICHA TÉCNICA DEL LÁSER ESCÁNER TRIMBLE TX5	15757
11.2.	FICHA TÉCNICA RECEPTORES GNSS.....	15858
11.3.	PROPUESTA DEL PFC.....	16161
11.4.	DOCUMENTACIÓN DIGITAL	16262

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo de este Proyecto Fin de Carrera (PFC) es obtener la representación tridimensional de la fachada principal del Monasterio de Santiago de Uclés, monumento de interés histórico y artístico. En concreto se ha elegido la fachada principal construida por Pedro de Ribera por ser representativa del Monasterio y del estilo churrigueresco. Con la tecnología láser escáner, se va a obtener un modelo 3D sobre el que se pueden realizar las medidas necesarias para proyectos de conservación, así como obtener productos con una función divulgativa.

El día 14 de Octubre de 2014, se realizó la toma de datos. El levantamiento se llevó a cabo con el equipo de laser escáner Trimble TX5, con la pre-señalización necesaria para realizar una posterior fusión de los mismos (dianas esféricas y cuadradas) y utilizando equipos GNSS Trimble modelos R10, R8 y R6 para la geo-referenciación del proyecto.

La técnica utilizada es la que denominamos levantamiento de alta precisión mediante Laser Escáner, que nos permite obtener resultados que aportan una representación fiel del objeto y un levantamiento de los puntos necesarios mediante tecnología GNSS en estático y postproceso, para obtener las coordenadas en el sistema ETRS89 proyección UTM Huso 30 que permitan geo-referenciar el proyecto.

1.2. ANTECEDENTES

La documentación geométrica se considera una herramienta indispensable en los trabajos de conservación y rehabilitación de edificios históricos. Un registro exhaustivo de la información hace necesario realizar una documentación precisa y en detalle de los distintos elementos que constituyen el objeto de estudio para obtener unos resultados fiables y ajustados a la realidad, así como para identificar las distintas patologías que puedan afectar al objeto, sus problemas estructurales, sus deformaciones, etc.

Pero la documentación del patrimonio cultural no consiste únicamente en la toma *in situ* de los datos necesarios para su registro en detalle, sino que también involucra los procedimientos necesarios para procesar esta información, su presentación posterior y el archivo de los datos imprescindibles para representar la forma, volumen y tamaño del elemento documentado en un determinado momento de la vida del mismo.

Siendo cada vez más habitual la exigencia en la rapidez y precisión en la documentación de los elementos patrimoniales, la tendencia actual es usar como herramientas más avanzadas de documentación geométrica los métodos topográficos y la fotogrametría. Además, aunque la mayor parte de los resultados necesarios en los levantamientos se orientan a representaciones planimétricas en 2D (plantas, secciones, alzados), cada vez se hace más necesario obtener un registro en 3D y con ello, un modelo tridimensional que represente gráficamente tanto la geometría del edificio como el aspecto de sus distintas caras. En este sentido ha avanzado en las últimas décadas la aplicación de la fotogrametría y más recientemente la captura de nubes de puntos por medio láser escáner 3D o Láser Escáner Terrestre (TLS), y teniendo en cuenta que vivimos en un mundo donde la información se almacena fundamentalmente en formatos digitales, se hace cada vez más necesario generar sistemas que permitan la conservación de ésta en el futuro y que esto a su vez se haga en un formato compatible con otro tipo de información digital.

La técnica de barrido de láser (*laser scanning*) en la que se emplean sensores terrestres es relativamente nueva, la modelización tridimensional de objetos se ha realizado habitualmente utilizándose técnicas topográficas y fotogramétricas, sin embargo, en los últimos años el desarrollo de la tecnología ha permitido el uso de nuevos instrumentos a la hora de tomar los datos para dicha modelización.

Algunas razones para elegir el escáner láser son:

- Fachada con estructuras muy complejas.
- Necesidad de entregar documentos 3D.
- Necesidad de medición de superficies en lugar de mediciones puntuales.
- Datos que puedan ser usados por un equipo multidisciplinar para diferentes propósitos.
- Documentar sin saber a priori el uso futuro de los datos.



1.4. TECNOLOGÍA LÁSER ESCÁNER

La técnica de trabajo empleando láser escáner, puede asimilarse en cierta forma a la metodología de trabajo de algunos equipos fotogramétricos digitales, puesto que es un sistema de medición que no necesita contacto directo con el modelo a levantar, además se realiza una captura masiva de puntos y a diferencia del método tradicional utilizado en topografía y en fotogrametría analítica convencional, no es posible tener en cuenta los cambios bruscos de pendiente, las líneas características o de ruptura de los elementos a representar, los vacíos **de información espacial,...**; siendo sustituidos éstos por una nube de puntos muy densa que intenta extraer toda la información espacial del conjunto, de manera que una superficie con poco relieve tiene una separación de malla similar a la que tiene otra adyacente más quebrada. La falta de observación de las líneas características queda compensada, sin embargo, por la gran cantidad de puntos obtenidos, que pueden ser procesados posteriormente.

La tecnología actual de los escáneres láser se puede dividir en dos categorías, método estático y método dinámico.

Cuando el escáner se mantiene en una posición fija durante la toma de datos, se llama escaneado láser estático siendo las ventajas de este método la alta precisión y la relativa alta densidad de puntos. El láser escáner estático suele ser el método más extendido a la hora de realizar escaneados terrestres. Sin embargo, no todos los escaneados láser terrestres son estáticos.

En los casos de láser escáner dinámico, el escáner se suele montar en una plataforma móvil. En este caso se requiere el uso de otros sistemas de posicionamiento adicionales tales como INS o GNSS, lo que hace que el sistema completo sea más complejo y caro. Ejemplos de láser escáner dinámico los encontramos en aeroplanos (láser escáner aerotransportado), escáneres sobre vehículos o plataformas aéreas no tripuladas.



Figura 1.2: Láser escáner dinámico Trimble MX2

En aplicaciones ferroviarias con este equipo, se consigue un escaneado de los túneles en tipo real (escaneado dinámico), consiguiendo unos rendimientos y operatividad muy superiores a las prestaciones de este tipo de trabajos mediante trípode.

1.5. APLICACIONES

1.5.1. Aplicaciones de Largo Alcance

- **Topografía y Territorio**

En el ámbito territorial se consigue una rápida geo-referenciación del levantamiento 3D. Permite detectar rápidamente una cantidad considerable de datos de muy alta precisión que puede ser utilizada para el cálculo de secciones, la obtención de curvas de niveles y de volúmenes.

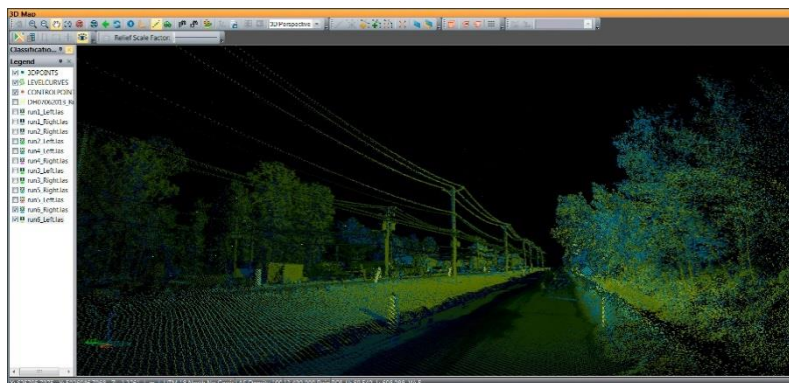
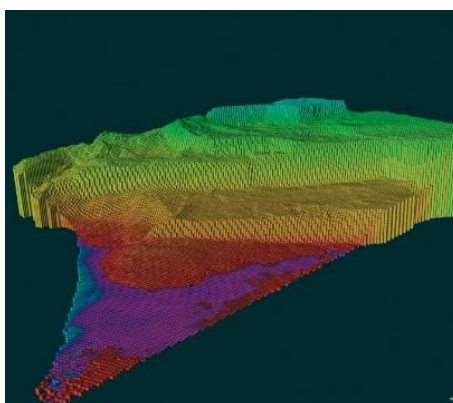


Figura 1.3 Nube de puntos medida con láser escáner

- **Geología y Monitorización**

En Geología en el escáner láser permite la creación de MDT muy detallados para el control de la estabilidad de laderas y el cálculo de caída de rocas en condiciones de emergencia. La interfaz con el GNSS permite una geo-referenciación rápida y automática. Se realizan trabajos como:

- Monitorización de deslizamientos de tierras.
- Identificación de las principales estructuras tectónicas.
- Reconocimiento de discontinuidad y caracterización geomecánicas de las rocas.
- Cambios en el volumen de una cantera.



Figuras 1.4: Generación de un modelo 3D

- **City Modelling y escaneado en movimiento**

Este tipo de escáneres también se puede utilizar para aplicaciones en las que las medidas se realizan en movimiento. La combinación de otros sensores, tales como telecámaras, GNSS y plataformas inerciales IMU, son posibles, gracias a la tecnología avanzada y la predisposición a la interfaz con sensores diferentes al escáner.

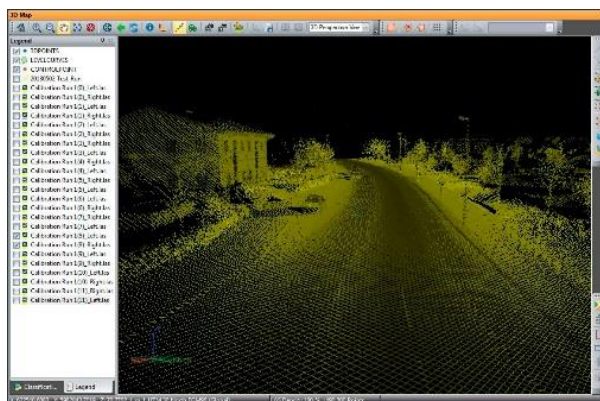


Figura 1.5: Láser escáner para Mobile Mapping

1.5.2. Aplicaciones de Alta Definición

- **Arqueología**

El láser escáner es la herramienta que permite detectar las áreas de excavación de manera rápida y definida, incluso con imágenes de alta resolución georreferenciadas sobre el modelo, a fin de no detener las operaciones durante un largo tiempo. Se pueden tomar medidas en el campo inmediatamente después de haber excavado y realizar posteriormente ortofotos y mallas 3D texturizadas.

- **Arquitectura**

El escáner láser asocia automáticamente imágenes de alta resolución a las nubes de puntos que representan la geometría 3D del objeto. De esta manera, los detalles se definen con más precisión y se pueden generar mallas texturizadas, así como secciones, alzados y ortofotos utilizando entornos CAD conocidos como Microstation y Autocad.

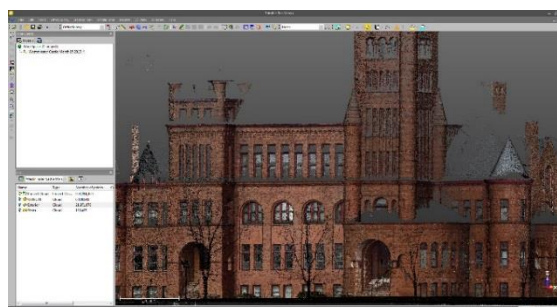


Figura 1.7: Nube de puntos de Castillo de Westminster

- **Levantamiento de entornos industriales**

El equipo escáner láser junto con programas específicos, pueden acelerar las operaciones de levantamiento y elaboración de entornos industriales complejos, gracias a la asociación automática entre la imagen y los barridos.

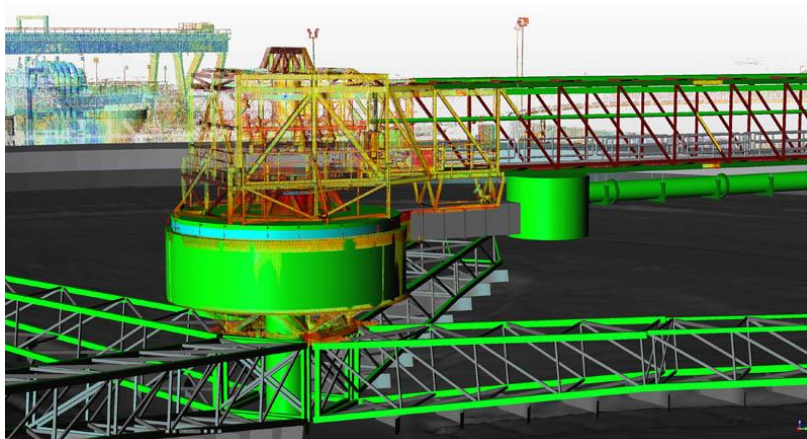


Figura 1.8 Trimble Realworks

- **Patrimonio Cultural**

En el ámbito del Patrimonio la velocidad y la exhaustividad de los datos proporcionados por escáner láser 3D es una gran ventaja competitiva en términos de tiempo y validez en la documentación .

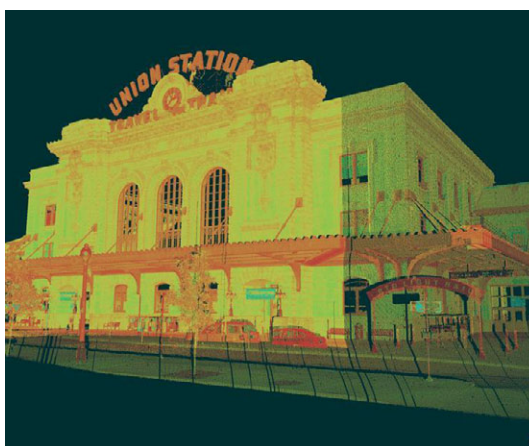


Figura 1.9: Trimble Realworks Nube de puntos Edificio Union Station

2. SITUACIÓN Y RESEÑA HISTÓRICA

2.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El Monasterio de Santiago de Uclés está situado en el municipio de Uclés de la provincia de Cuenca. Uclés, de origen celtíbero y romano, se extiende en las estribaciones de la Sierra de Altomira en un paisaje poblado de cerros y mesetas que dan un aspecto ondulado a este rincón de La Mancha. El casco urbano está condicionado por la pendiente del cerro, coronado por el castillo de origen árabe y reforzado después de la Reconquista. De la antigua fortaleza sólo quedan tres torres, de las cuales una es la torre albarrana, un lienzo de muralla y la Puerta del Agua o Arco de la Fuente.

Uclés es una población típicamente castellana con reminiscencias árabes, con vestigios judaicos y con estructura cristiana. Existen casas solariegas, de las que destaca la casa de Pareja y Cedillo, la casa-palacio de los Torre o la de Fernandez y Contreras. El antiguo Pósito o el Ayuntamiento también sobresalen dentro de la arquitectura civil. La antigua Fuente de los Cinco Caños, frente a la Puerta del Agua tiene una importancia estética y social, ya que ha sido el punto de reunión y descanso tradicional de Uclés.

Pero el elemento de referencia y de identidad de Uclés es su impresionante monasterio que domina el perfil y le otorga su sobrenombre. Construido sobre una iglesia gótica es de planta cuadrada y en su interior un imponente claustro de dos alturas y diez vanos por paño.



Figura 2.1: Imagen actual del Monasterio de Uclés

2.2. HISTORIA DEL MONASTERIO DE UCLÉS

El monasterio forma parte de un conjunto de fortificaciones con orígenes en la dominación musulmana de la Península Ibérica. Tras su reconquista por los cristianos fue donado por el Rey de Castilla Alfonso VIII a la Orden de Santiago. El 9 de enero del año 1174, como se recoge en el llamado Tumbo Menor de Castilla. Una de sus miniaturas muestra la escena de la donación junto a un dibujo del primitivo castillo.

La Orden convirtió el castillo de Uclés en su casa madre (*Caput Ordinis*, Cabeza de la Orden), conformando un formidable complejo de edificaciones, parte de las cuales aún se conservan en la actualidad. Con el fin de la reconquista en el siglo XV el maestrazgo de la Orden pasa a la Corona de Castilla y la Orden de Santiago pierde en gran medida su función militar. Por este motivo bajo el reinado de Carlos I, el 7 de mayo de 1529, el Prior D. Pedro García de Almaguer inicia una reforma radical convirtiendo la fortaleza medieval en el actual edificio. Una inscripción en el ábside de la iglesia del monasterio recuerda dicha fecha. La duración de esta reforma o más bien nueva construcción lleva más de dos siglos.

Los caballeros santiaguistas habitaron el monasterio un siglo después de terminado. En 1808 sufrió la invasión de las tropas napoleónicas durante la Guerra de Independencia, causando daños irreparables, en especial durante la famosa Batalla de Uclés.

En 1836, con la desamortización de Mendizábal, la Orden de Santiago abandona forzosamente el edificio. En 1874 éste pasa a ser propiedad del Obispado de Cuenca, que establece en él una sección del Seminario Conciliar de Cuenca. Entre los siglos XIX y XX, el monasterio pasaría por los más diversos usos y vicisitudes: convento de los Jesuitas que habían sido expulsados de Francia, colegio de segunda enseñanza, noviciado de los Agustinos, etc.

Al estallar la Guerra Civil Española en 1936, el monasterio queda en zona republicana y el ejército lo convierte en hospital, destrozando lo poco que quedaba de su primitivo esplendor tras el saqueo que ya había sufrido por parte de los franceses en 1808. Tras la Guerra Civil el edificio es ocupado por el bando nacional y utilizado como cárcel por el gobierno. No obstante, la Diócesis de Cuenca reclama su propiedad al estado, que **además de reconocerla sufraga toda la rehabilitación por medio del servicio de “Regiones Devastadas” y en 1949 se inaugura el Seminario Menor Santiago Apóstol.**

En 2012, a causa del reducido número de estudiantes y la difícil situación económica, se decide la reunificación en Cuenca de ambos seminarios, volviendo a la situación anterior a 1949. Es entonces, cuando el Monasterio de Uclés se reinventa y se abre a su función actual: ser no sólo una atracción turística visitada cada año por decenas de miles de personas, sino dar también la posibilidad de acoger entre sus muros la celebración de convivencias, campamentos, ejercicios espirituales, cursillos de cristiandad, encuentros de grupos y asociaciones, cursos de verano, etc.

2.3. ARQUITECTURA Y ORNAMENTACIÓN

Fruto del largo período durante el cual se ejecutaron las obras, pueden apreciarse en el monasterio tres estilos arquitectónicos: plateresco, herreriano y churrigueresco, lo que le convierte en un lugar ideal para realizar un repaso de historia del arte. El ala este del monasterio, de la primera mitad del siglo XVI, se ejecutó en estilo plateresco. La iglesia, que ocupa el ala norte, y fue finalizada en 1602, es de estilo herreriano. El resto del monasterio, erigido durante el siglo XVII es de estilo barroco y culmina con su fachada churrigueresca, obra de Pedro de Ribera.

El estilo plateresco se refleja claramente en las ventanas de la fachada oriental donde se aprecia cierta asimetría. Se repiten los motivos: calaveras, conchas, cruces y motivos alegóricos. El artesonado de su refectorio, tallado en madera de pino melis, está compuesto por treinta y seis casetones que corresponden a treinta y seis bustos de maestros, priores y caballeros de la Orden de Santiago. Destacan entre ellos el dedicado a don Álvaro de Luna (que en lugar de su efigie contiene una calavera coronada rodeada de la inscripción «Vosotros, nobles barones, sabed que a nadie perdono», referidas a la muerte) y el de Carlos I que ocupa el lugar central con sus atributos imperiales: una espada y un orbe. En el lado sur figura un escudo de España. La antigua sacristía tiene dos naves formando ángulo recto. Su bóveda es de crucería con elementos ojivales. Las labores platerescas cubren frisos, columnas y pilastras.

La iglesia es obra de Francisco de Mora (discípulo de Juan de Herrera, arquitecto de El Escorial), que estuvo al frente de las obras durante veintidós años. Por eso, a veces, se le denomina al monasterio como el «Escorial de la Mancha». Es de cruz latina y tiene una sola nave, con cinco tramos y un coro elevado. Tiene sesenta y cinco metros de largo y doce de ancho. El crucero es más alto y se cierra en forma de linterna. La cúpula es de media naranja y está adornada con gajos sobre pechinas, y es de Antonio Segura. El crucero está separado por una verja decorada con las armas reales y la cruz de Santiago. En su única nave se forman capillas laterales intercomunicadas (donde actualmente hay una exposición sobre la historia de la Orden de Santiago) que forman como dos naves laterales. Su construcción se terminó en 1598.

El retablo mayor original era de estilo greco-romano con tendencias barrocas y de él se conservan restos en su parte superior. Fue encargado a Francisco García Dardero. El resto fue destruido durante la Guerra Civil y luego reconstruido en escayola. El cuadro de Santiago que preside el retablo es de Francisco Ricci, pintor de cámara de Felipe IV, ha sido restaurado recientemente.

Entre la sacristía y la iglesia se halla la entrada a la cripta del panteón, que tiene forma de cruz latina. Hoy está destinado a teatro y no quedan restos de enterramientos. La antigua iglesia fue sepultura de ilustres personajes de la Orden de Santiago. Allí se enterró a Doña Urraca, al Maestre Rodrigo Manrique y a su esposa, así como a su famoso hijo Jorge Manrique y muchísimos personajes más de la Orden. Hoy no se sabe exactamente dónde reposan estos restos. Al construirse la actual iglesia (1602) los sepulcros existentes en la iglesia de Santiago fueron reubicados en un subterráneo de la misma, al cual se bajaba por una escalera de ochenta escalones que había en una capilla debajo del coro.

Se discute si es en una celda de la cripta, que hay debajo del altar mayor, donde estuvo preso Francisco Quevedo.

En el siglo XVII se construyó el patio del monasterio, con dos pisos de galerías, (el superior cerrado a modo de balcones), así como la escalera que da acceso a este segundo piso.

El claustro, tiene treinta y seis balcones, en honor a los treinta y seis canónigos reglares que vinieron de Loyo (los maestros fueron cuarenta y cuatro). La parte superior del claustro está cerrada y la inferior abierta.

La fachada oeste fue diseñada por Francisco de Mora, pero no fue ejecutada por él. También es de estilo herreriano y en ella se encuentra la entrada frontal de la iglesia. Al lado queda un trozo de muro de la antigua construcción árabe. Esta fachada está flanqueada por dos torres con altos chapiteles (semejantes al que queda) que desaparecieron en el siglo XIX en los incendios de 1845 y 1877 y que con los planos respectivos, deberán reponerse en algún momento, manteniendo el plan original de la obra.

La fachada principal o del mediodía fue construida en 1735 por Pedro de Ribera, importante maestro barroco del foco cortesano. Destaca en esta fachada tanto su composición, a modo de fachada retablo, como su ornamentación esculpida.

En la portada aparecen dispuestas cuatro pilastras, sin sujeción arquitectónica, que actúan como elementos decorativos. En la parte superior se hallan delfines, leones, cabezas, guerreros, trofeos, frutas y dos cruces de Santiago. Como remate, dos bustos de moros sujetos con cadenas, medio cuerpo de Santiago con la cruz maestra en la mano izquierda y una espada en la derecha en la que se lee *Fidei defensio* («Defensa de la fe»).

En la parte inferior figura la inscripción Caput Ordinis («Cabeza de la orden»), cruces sueltas, corona real, caballeros con trofeos y moros encadenados, exponente del dominio que se tenía sobre ellos y de la esclavitud a la que los redujeron.



Figura 2.2: Detalle de la parte superior de la fachada

3. LÁSER ESCÁNER

3.1. INTRODUCCIÓN

El equipo láser escáner terrestre es un nuevo instrumento de medida que está originando muchos cambios en el planteamiento, desarrollo y ejecución de levantamientos y controles de calidad en tres dimensiones. El sistema de escaneado consiste en la captura de puntos de 3D de objetos con un láser que mide distancias y distribuye los puntos como una red. Por medio de la medición del pulso se calcula la distancia con una desviación estándar de unos milímetros. Los datos obtenidos son las coordenadas tridimensionales (x, y, z) de un conjunto de puntos en un sistema tridimensional.



Figura 3.1: Escáner Trimble TX5.

El presente PFC se ha realizado con el equipo láser escáner de la casa Trimble, modelo TX5, se trata de un escáner panorámico que mide 300 grados en la vertical y 360 grados en horizontal. Una vez finalizado el escaneado se realiza el modelado en 3D con un programa especializado, Trimble Realworks, que transforma una nube de puntos 3D no estructurada en un objeto 3D.

En función del sistema de medida estos escáneres son más precisos que los de tiempo de vuelo y además tienen la ventaja de recoger mayor cantidad de puntos en el mismo tiempo, por el contrario, en estos aparatos la distancia de escaneado es menor que la de los equipos de tiempo de vuelo.

El láser escáner TX5 trabaja enviando un rayo láser al centro del espejo rotativo, éste desvía el láser en rotación vertical escaneando todo el entorno. Mediante codificadores angulares mide la rotación del espejo y la rotación horizontal de la basada. El sistema de medida está basado en la tecnología de diferencia de fase, emitiendo varias ondas de distintas longitudes.



Figura 3.2: Láser escáner estacionado

3.2. CLASIFICACIÓN

Los equipos láser escáner terrestres pueden clasificarse según los siguientes criterios:

➤ **En función del sistema de medida**

- **Tiempo de vuelo:** A partir del retraso sufrido por un pulso de luz láser desde su emisión hasta su recepción, se calculará la distancia entre el punto de emisión y el punto en cuestión. El haz de luz recorrerá la zona de trabajo previamente señalada, obteniendo así una medición para cada punto teórico de la malla prevista. Este sistema está recomendado para medir a distancias medias y largas.
- **Diferencia de fase:** En este sistema de medida, la distancia entre el láser escáner y el punto de medida se calcula a partir de la diferencia de fase detectada entre la onda emitida y la recibida. Este tipo de sistema es recomendable para distancias medias.
- **Triangulación óptica:** Este sistema determina la posición de cada punto medido basándose en el principio de triangulación láser: la medida se lleva a cabo mediante observaciones desde los extremos de una base conocida, conocidos los valores de los ángulos extremos. Se trata del sistema de medida más recomendable para medidas de corto alcance con requisitos de alta precisión.

➤ **En función del sistema de barrido**

- **Cámara:** En este caso el haz responsable del barrido es dirigido por dos espejos sincronizados (movimiento vertical y horizontal). La limitación se encuentra en el tamaño de la ventana de barrido, ya que en este caso puede ser de un máximo de 60° por 60°.
- **Panorámica:** En este tipo de sistema, el haz láser es capaz de girar alrededor de dos ejes (vertical y horizontal) de manera similar a la de un teodolito. Para cada posición se realiza un barrido vertical completo, de tal manera que se puede proporcionar un barrido de 360° por 310°. La única zona que no se captura es la delimitada por la base del instrumento.
- **Híbrido:** Se trata de un sistema híbrido entre los dos anteriores, proporcionando una zona de barrido de 360°.

3.3. INSTRUMENTAL

Para la toma de datos de este proyecto se hizo uso del siguiente instrumental:

1. Equipo láser escáner Trimble TX5.
2. Receptores GNSS Trimble (3 uds).
3. Trípode compacto de fibra de carbono.
4. Kit de señalización: señales esféricas de 140 mm de diámetro (5 uds); dianas adhesivas (20 uds); dianas rígidas para situar sobre trípode (3 uds).
5. Accesorios: trípodes de madera (3 uds); bases nivelantes (3 uds); flexómetro, y elementos de señalización.
6. Cámara digital Nikon D40 de 10 MP.

- **Láser escáner:** El equipo láser escáner utilizado permitió la adquisición de gran cantidad de puntos de alta precisión, casi un millón de puntos por segundo y un procesado relativamente cómodo, teniendo en cuenta que se manejaron archivos de alta capacidad. Otra ventaja de este equipo es la visualización en campo de las nubes de puntos capturadas, mediante una pantalla.

Se estacionó en quince ocasiones para poder realizar la captura de los puntos, realizando los estacionamientos de tal forma que proporcionasen zonas de solapes para así evitar todo tipo de huecos y zonas ocultas. El resultado final fueron quince nubes de puntos con un total de veinte millones de puntos aproximadamente por escaneado.

- **Receptor GNSS:** Los equipos GNSS empleados en este proyecto fueron Trimble R10, R8 & R6 que permitieron dotar de coordenadas globales a las dianas rígidas distribuidas en el entorno y así geo-referenciar el modelo 3D. Los modelos GNSS R10, R8 y R6 reciben datos de las constelaciones NAVSTAR y GLONASS permitiendo obtener resultados con precisión centimétrica.



Figura 3.3: Receptor GNSS Trimble R6

- **Dianas sobre trípodes:** Se utilizaron dos tipos de trípode: trípode telescópico de fibra de carbono para estacionar el escáner TX5 y trípodes de madera con patas telescópicas utilizados para estacionar y nivelar los receptores GNSS y las dianas rígidas.



Figura 3.4: Trípodes

- **Esferas y dianas:** Estos elementos se utilizaron como sistemas de señalización, distribuyéndose a lo largo del entorno de la toma de datos. Se contó con once dianas de puntería adhesivas, tres dianas de puntería rígidas y cinco dianas esféricas, colocadas a distintas alturas, controlando así la dirección del eje z. Las dianas fueron tomadas por el escáner para el registro de las nubes de puntos en el laboratorio. Las dianas adhesivas y las esféricas fueron necesarias para lo que se denomina en fotogrametría como orientación relativa mientras que las dianas rígidas se usaron para realizar la geo-referenciación, fase posterior conocida en fotogrametría como orientación absoluta.



Figura 3.5: Dianas adhesivas



Figura 3.6: Diana esférica

3.4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Utilizar un equipo escáner láser en la captura de un edificio no es algo sencillo ya que se requiere un profundo conocimiento del equipo y del proceso de escaneado. Algunos pasos del proceso de escaneado son bastante automáticos mientras que otros todavía requieren una labor intensa.

Las fases de un proyecto con láser escáner se pueden dividir en cuatro grandes apartados:

- 1.** Planificación.
- 2.** Adquisición de datos.
- 3.** Tratamiento y procesamiento de la información.
- 4.** Visualización de los resultados.

3.4.1. Planificación

En esta primera fase no existe un proceso estándar, pero como mínimo han de cumplirse los siguientes puntos.

- **Determinar los objetivos**

Uno de los puntos clave cuando se escanea un objeto es saber cuáles son las necesidades y objetivos, es decir, para qué se quiere dicho escaneado y qué se pretende hacer con los datos. También será fundamental justificar la necesidad del trabajo ya que esto puede proporcionar una idea acerca de los requerimientos en los resultados y en la precisión. Por último será de relativa importancia tener claro cuáles son los resultados y productos finales que se van a generar.

- **Análisis del área a levantar**

Será necesario recopilar información sobre el objeto en cuestión, ya que dará una idea de la complejidad y del tiempo necesario para llevar a cabo la tarea. Notas de campo, informes, mapas, fotografías o videos del lugar pueden ayudar a determinar los posibles riesgos del momento de captura, al igual que levantamientos anteriores que pudieran haber sido realizados con otras técnicas (mediciones a mano, con GNSS o con estación total).

Es necesario recoger información útil del edificio y también de sus alrededores, ya que el lugar puede estar emplazado en un lugar disperso con obstrucciones, limitando los estacionamientos posibles, o puede incluso haber restricciones temporales para acceder al lugar, indirectamente, los emplazamientos posibles del escáner láser determinan el alcance máximo y mínimo que el escáner debe cumplir. Usando todos estos datos, se puede tomar una decisión acertada acerca de la técnica más adecuada para el levantamiento.

- **Determinación de las posiciones óptimas del escáner láser**

Una vez recopilada la información del monumento y del entorno a documentar y elegido el escaneado láser como la mejor técnica posible para ello, hay que planificar el emplazamiento del equipo láser escáner así como los puntos de referencia. Las posiciones óptimas para el estacionamiento del escáner se deben elegir de manera que garanticen una máxima cobertura y precisión y, al mismo tiempo, se minimice el número de inicializaciones del equipo.

A continuación muestro una lista con un conjunto de reglas prioritarias a tener en cuenta para determinar la posición óptima del láser escáner:

- Comprobar que las posiciones cubren la mayor área posible sin obstáculos en la línea de vista y que se producen las menos sombras posibles.
- Comprobar que se cumplen los alcances mínimo y máximo para alcanzar la precisión requerida. Cuanto mayor sea la distancia al objeto, menor será la precisión y la resolución.
- Minimizar la aparición de pequeños ángulos de intersección. Con ángulos muy agudos el haz láser no se refleja en la forma deseable, por lo que la precisión del escáner es menor.
- Intentar reducir el número de estacionamientos.

Otros factores importantes que hay que tener en cuenta son:

- Seguridad y salud.
- El **entorno (vibraciones, viento...)**.
- Elevación del escáner sobre el suelo.
- Visibilidad de los puntos de referencia artificial o natural.

- **Determinación de las posiciones óptimas de los puntos de referencia**

Los puntos de referencia se usan principalmente para registrar los escaneados realizados desde diferentes posiciones. Actualmente hay una gran variedad de dianas disponibles: retro reflectantes, esféricas, de papel, prismas, etc.

Uno de los puntos más importantes cuando se utilizan las dianas es que tienen que estar distribuidas lo más ampliamente posible, no sólo en las direcciones de los ejes X e Y, sino también en la dirección del eje Z.

Mills and Barber establecen que, dependiendo de la técnica de registro empleada, debe haber al menos 4 puntos de referencia/dianas bien distribuidas en cada escaneado.

- **Determinación de la metodología para la geo-referenciación del modelo 3D**

La geo-referenciación del modelo se va a realizar al sistema oficial en España, ETRS89 proyección UTM H30N y se llevará a cabo la materialización de un marco de referencia que permita apoyarse en futuros proyectos que requieran de estación total, GNSS u otro tipo de sensor geoespacial. Para ello se utilizan receptores GNSS y se aplica la metodología que se detalla a continuación:

- Cálculo de coordenadas de una base que servirá de referencia para la obtención de coordenadas del resto, la denominaremos referencia GNSS.

La tecnología empleada para la obtención de las coordenadas de la referencia GNSS es ***Trimble CenterPoint RTX Post-Processing***, ya que esta tecnología permite obtener coordenadas de un punto con una precisión inferior a 2 cm en horizontal y vertical mediante observaciones registradas con un GNSS en estático durante al menos una hora.

- Cálculo de coordenadas de cuatro bases, donde posteriormente se sitúan las dianas para la geo-referenciación del modelo.

Para el cálculo de las coordenadas se realiza un registro de observaciones con los receptores GNSS en las cuatro bases que deben coincidir en el tiempo con el registro de observaciones de la referencia GPS en al menos 10 minutos para realizar en laboratorio el cálculo de las líneas base y obtener las coordenadas con precisiones milimétricas en horizontal y vertical con respecto a la referencia GPS.

3.4.2. Adquisición de datos

En esta segunda fase, se incluye la operación de escaneado de la fachada en cuestión, con la obtención de las distintas nubes de puntos que cubren la zona de interés, la correcta alineación de dichas nubes y la depuración de ruidos. Concretamente la adquisición de datos se llevó a cabo en octubre de 2014 realizándose quince escaneados, almacenando los datos registrados por el escáner en un fichero propietario, que debe ser interpretado y transformado a un formato aceptable por el programa elegido para el procesamiento. En este caso el programa elegido para el proyecto es el programa RealWorks de la casa Trimble. La alineación o puesta en correspondencia de las nubes de puntos es un proceso sencillo y repetitivo aunque rápido, mientras que la depuración de ruidos resulta un proceso más laborioso.

3.4.3. Tratamiento y procesamiento de la información

El procesamiento de los datos, es la tercera fase, que se realiza una vez obtenida la toma de datos a partir de los puntos escaneados, con el fin de obtener el máximo rendimiento, o dicho de otro modo, es lo que denominaríamos la **“reconstrucción” de lo que sería el modelo original.**

La mayoría de los equipos láser escáner tienen asociada una aplicación informática de tratamiento de datos, dicho programa, está preparado para recibir y tratar gran cantidad de puntos de cada toma, esto, no sería posible con un sistema tradicional de CAD, ya que se colapsaría por la gran abundancia de datos. En este caso el programa elegido es el programa Realworks de la casa Trimble, como ya se mencionó en el apartado anterior.

En general se pueden seguir los siguientes pasos en los trabajos de láser escáner:

- Registro de cada nube de puntos al sistema de referencia del proyecto escogido.
- Eliminación de puntos indeseados y erróneos.
- Geo-referenciación de los distintos escaneados.
- Segmentación y muestreo de nubes de puntos.
- Extracción de geometrías.
- Creación y edición de mallas.
- Modelo tridimensional de entidades.
- Tratamiento de agujeros y zonas huecas en el modelo.
- Simplificación.

3.4.4. Visualización de los resultados

La visualización de los resultados puede realizarse antes del tratamiento o procesado de los datos o una vez procesados los mismos, lógicamente la calidad en el resultado final variará sustanciosamente en función del momento en que se ejecute.

Las distintas animaciones que pueden obtenerse son las siguientes:

- Nubes de puntos puras o con asignación de niveles de intensidad reflejada o de textura.
- Superficie mallada en base a triángulos o rectángulos.
- Modelos geométricos de figuras o entidades simples.
- Ortoimágenes, combinando los datos del escáner láser con las imágenes y utilizando procedimientos fotogramétricos.
- Generación de vídeos y animaciones.

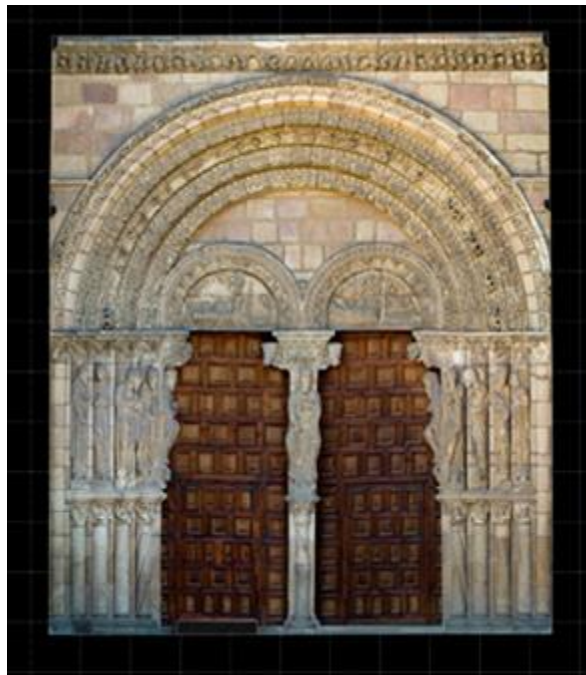


Figura 3.7: Ortofoto sin perspectiva ni fuga en verdadera proyección ortogonal

3.5. SISTEMAS INFORMÁTICOS

El programa de tratamiento de datos utilizado durante todo este proyecto se llama Realworks, de la casa Trimble, y con él se ha realizado el tratamiento total de datos y el análisis de calidad del resultado final. Este programa de oficina se compone de dos módulos, por un lado estaría Realworks Viewer y por otro el Realworks Survey, herramienta informática para visualizar, explorar y manipular los datos adquiridos mediante el equipo láser escáner tridimensional, transformando dichos datos en resultados 3D de alta calidad. Además posee una serie de herramientas para procesar nubes de puntos en tres dimensiones e imágenes en dos dimensiones para obtener la información necesaria de los proyectos.

Realworks Survey tiene tres módulos que se describen a continuación:

- **Módulo de Registro:** Este módulo se utiliza para enlazar distintos escaneados, proceso que se puede llevar a cabo mediante dianas dotadas previamente de coordenadas o de manera semiautomática identificando y digitalizando en pantalla puntos homólogos de ambas nubes, consiguiendo así el objetivo final, que es tener definido un sistema de referencia común para todas las estaciones. Este módulo también ofrece las herramientas de orientación y geo-referenciación, utilizada esta última para llevar las nubes de puntos a un sistema de referencia ligado a la tierra.
- **Módulo de procesado:** Este segundo módulo, Office Survey ofrece una gran cantidad de herramientas para trabajar a partir de la nube de puntos inicial. Se cuenta con la herramienta segmentación, cuya finalidad es clasificar la información de la nube de puntos con objeto de eliminar ruido y reducir de forma selectiva e interactiva la información innecesaria. La herramienta muestreo se encarga de preparar la nube de puntos para una futura triangulación y supone una simplificación geométrica de la nube de puntos en función de una serie de criterios. La herramienta creación de marcos posibilita la creación de un sistema de coordenadas nuevo para trabajar con determinadas herramientas del programa. Una herramienta de especial importancia es la de creación de mallas, parte de mayor complejidad del proceso; y tras la creación, la fase de edición de mallas para mejorar la continuidad de las superficies generadas, teniendo la posibilidad de asignar diferentes texturas. Más herramientas que ofrece este módulo son la herramienta de tratamiento de agujeros en el modelo, la herramienta de coincidencia de imágenes, la herramienta ortoproyección, la herramienta curvas de nivel, la herramienta cálculo de volúmenes...
- **Módulo modelado:** se denomina modelado al proceso que permite ajustar una figura de referencia superficial denominada primitiva geométrica (plano, cono, cilindro, esfera, toro, etc....) al **modelo poliédrico 3D obtenido** mediante escaneado láser. El objetivo es aproximar lo mejor posible una primitiva regular y sencilla conocida a una superficie poliédrica irregular y compleja como es un modelo poliédrico 3D.

4. METODOLOGÍA DE TRABAJO DE CAMPO

4.1. INTRODUCCIÓN

Los trabajos de campo efectuados en este PFC fueron tanto topográficos como los específicos de la tecnología láser escáner. En este primer apartado se enumerarán y posteriormente se efectuará una explicación detallada que incluya el desarrollo de cada uno de ellos.

En el presente proyecto se efectuó la toma de datos mediante diferentes tecnologías que pueden ser o no complementarias. En este apartado (trabajo de campo) se detallará la toma de datos completa y la metodología finalmente elegida.

El proceso de obtención de datos, consta de las siguientes tareas:

- Preparación del levantamiento.
- Elección, señalización y registro de datos de las bases GNSS.
- Reemplazo de los receptores GNSS por las dianas rígidas.
- Distribución de las dianas adhesivas y esféricas.
- Configuración de los parámetros del láser escáner.
- Estacionamiento del láser escáner.
- Toma de datos: Escaneado de la fachada.

4.2. PREPARACIÓN DEL LEVANTAMIENTO

En esta primera fase se describirán los trabajos de planificación, donde se incluye el análisis de la zona a levantar tanto de la propia fachada como de los alrededores; el estudio de las posiciones óptimas, tanto del escáner como de las esferas y dianas de puntería; y por último cuáles serán los objetivos y necesidades del trabajo y en relación a ellos los productos finales que se van a generar. En esta fase también es determinante saber cuál será la técnica de registro, teniendo claro las tres posibilidades que se ofrecen: registro mediante resección de dianas escaneadas, registro mediante estacionamiento en puntos de referencia conocidos y registro utilizando constreñimientos punto a punto.

En el presente proyecto, el objetivo es obtener un modelo tridimensional de la fachada principal del Monasterio de Uclés, con una precisión interna centimétrica debiendo efectuarse el tratamiento de datos de campo y la obtención de resultados tridimensionales, que permitan la documentación geométrica del monumento, teniendo en cuenta la posibilidad futura de que se realicen análisis métricos y valoraciones del estado de su estructura.

En cuanto a la posición y número de estacionamientos, se decidió llevar a cabo siete. Tres de ellos siguiendo una línea imaginaria paralela a la fachada a una distancia de 10 metros, otras tres siguiendo otra línea paralela a una distancia de 15 metros de la fachada y la restante sobre un alto que permite obtener un punto de vista diferente y obtener puntos de zonas ocultas desde los estacionamientos anteriores. En la elección de los estacionamientos se asegura generar solape en las nubes de puntos para que no quedasen zonas ocultas que pudiesen provocar futuros huecos en el modelo. En lo referente a las dianas de punterías se decidió llevar 15 dianas adhesivas para distribuir por la fachada, dianas esféricas para colocar en el suelo a diferentes alturas. La distribución final fue once dianas adhesivas a una distancia horizontal equidistante a lo largo de la fachada y a diferentes alturas. En cuanto a las esferas se situaron las cinco distribuidas por la zona de trabajo a diferentes alturas, y por último se situaron las dianas rígidas sobre los trípodes donde se habían situado los receptores GNSS.

En lo referente al análisis de la zona se contó con fotografías aéreas del monumento y del entorno así como de un croquis de situación en el que se planificaron las operaciones posteriores. Por último indicar que la técnica de registro utilizada fue la de registro mediante resección de dianas escaneadas.

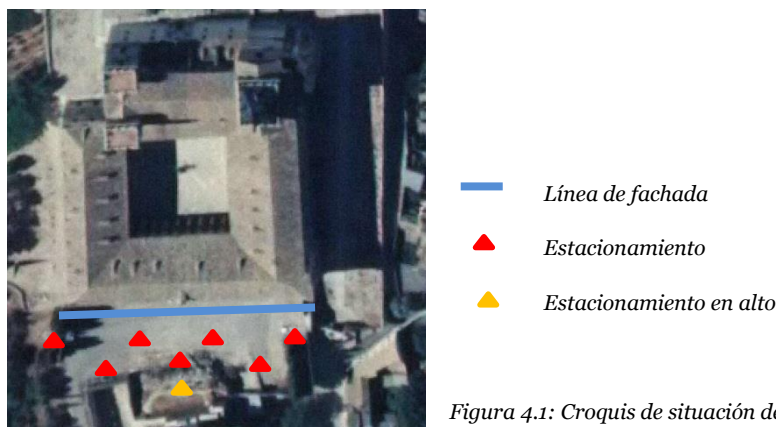


Figura 4.1: Croquis de situación de escaneos sobre ortofoto

4.3. ELECCIÓN, SEÑALIZACIÓN Y REGISTRO DE DATOS DE LAS BASES GNSS

El objetivo en esta fase del proyecto es obtener las coordenadas de tres bases que nos servirán para llevar a cabo la geo-referenciación del modelo 3D de la fachada con precisión centimétrica.

Para la ubicación de las bases hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Puntos en los que no haya obstáculos que limiten la recepción de las señales de los satélites o que generen distorsiones en dichas señales tales que no permitan calcular las coordenadas de las bases en gabinete con precisión centimétrica.
- Puntos que sean visibles desde al menos dos estacionamientos del láser escáner.

Teniendo en cuenta estos aspectos se decide en campo la ubicación mostrada en la siguiente fotografía.



Figura 4.2: Croquis de situación de las bases GNSS

Una vez decidida la ubicación de la referencia GNSS (10000) y las bases GNSS, denominadas 20000, 30000, 40000 y 50000, se procede a la señalización de tres de ellas para crear un marco de referencia que permita futuros trabajos de levantamiento y replanteo con estaciones totales, GNSS u otros sensores que complementen este proyecto.

Para la señalización se deben de tener en cuenta varios aspectos:

- Que no se encuentre dentro de la zona de influencia del Monasterio de Uclés, declarado en 2003 Bien de Interés Cultural.
- Señalización que no suponga una contaminación visual del entorno.

- Fácil localización para futuros proyectos.

Teniendo en cuenta estos condicionantes se decide la señalización de las base 10000, 40000 y 50000 mediante clavos de señalización con las siguientes características técnicas:

- Longitud: 7,5 cm
- Diámetro cabeza: 26 mm
- Diámetro cuerpo: 8,5 mm

El nombre de las bases se marcó con un rotulador Stylack negro de tinta indeleble que tiene la capacidad de escribir en una gran variedad de superficies como cemento, hormigón y roca como era el caso.



Figura 4.3: Señalización de la base GNSS 50000

El siguiente paso es la configuración de los receptores GNSS para el registro de datos en estático. Todos los receptores deben de tener configurado el mismo intervalo de registro, la misma máscara de elevación y el mismo PDOP para poder procesar las observaciones en el laboratorio.

Figura 4.4: Configuración Receptores GNSS

Una vez configurados los receptores se inicia el registro de observaciones GNSS, teniendo en cuenta que la Referencia GNSS denominada 10000 debe de estar registrando datos al menos durante una hora para poder calcular en laboratorio sus coordenadas con la tecnología ***Trimble CenterPoint RTX Post-Processing***. El resto de bases, 20000, 30000, 40000 y 50000 deben registrar observaciones coincidentes en el tiempo durante al menos 10 minutos para realizar el cálculo de postproceso en laboratorio.



Figura 4.5: Registro de datos GNSS de forma simultánea

4.4. REEMPLAZO DE LOS RECEPTORES GNSS POR LAS DIANAS RÍGIDAS

Después de transcurrido el tiempo necesario para el registro de las observaciones se procede a quitar el GNSS junto al jalón extensible de 25 cm y poner en su lugar las dianas rígidas. Esta operación hay que realizarla cuidadosamente para no mover el trípode ni la base nivelante y así asegurar la misma posición planimétrica de GNSS y dianas rígidas y solo una variación en la dirección de la vertical que procedemos a medir con un flexómetro para tenerlo en cuenta en el cálculo de la coordenada Z de las dianas rígidas en laboratorio.



Figura 4.7 y 4.8: Reemplazo de receptor GNSS por diana rígida

Otro factor que tenemos en cuenta en la colocación de las dianas rígidas sobre los trípodes es que estén orientadas hacia las estaciones desde las que vamos a escanear, es decir, que el plano de la diana sea perpendicular a la visual entre escáner y diana y así favorecer la detección automática de la diana en el programa de laboratorio para el registro de las nubes de puntos.



Figura 4.7: Orientación de las dianas rígidas

4.5. DISTRIBUCIÓN DE LAS DIANAS ADHESIVAS Y ESFERICAS

Las referencias que utilizamos en este proyecto son dianas cuadradas rígidas de 120 mm de lado, dianas cuadradas adhesivas de 120 mm de lado y esferas de 140 mm de diámetro. En este trabajo se cuenta con puntos de referencia artificiales para registrar las nubes de puntos, si bien es cierto que también se podrían utilizar puntos naturales (como puntos de la fachada perfectamente definidos y que se reservan para fallos o deficiencias de datos del proceso general), en ambos casos, estos puntos se deben etiquetar y medir con mucha precisión.



Figura 4.8: Diana cuadrada adhesiva en fachada



Figura 4.9: Diana cuadrada rígida



Figura 4.10: Diana esférica en alto

Las dianas cuadradas tienen unas dimensiones y una combinación de blanco y negro (máxima y mínima reflectividad) estandarizado y las dianas esféricas un diámetro conocido para que en el trabajo de registro de nube de puntos con el programa de oficina Trimble Realworks sean reconocidas automáticamente en todos los escaneos.

La distribución final de las dianas queda reflejada en las siguientes fotografías.



Figura 4.11: Distribución dianas en fachada



Figura 4.12: Distribución dianas en planta

4.6. CONFIGURACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL EQUIPO LÁSER ESCÁNER

El escáner Trimble TX5 al ser de última generación está integrado en su totalidad, es decir, combina pantalla táctil para configurar los parámetros de los escaneos, dispositivo de almacenamiento de datos, en este caso tarjeta SD de alta capacidad, cámara digital y batería interna.

Para realizar la configuración del escáner hay que tener en cuenta diversas variables:

- Condiciones de luminosidad.
- Rango de distancia medio entre los estacionamientos y el objeto a escanear.
- Resolución del modelo 3D.
- Tiempo de escaneo.

Estas variables están relacionadas entre sí y dicha relación y su determinación es la cuestión clave cuando se utiliza un escáner. La resolución se define como la distancia entre dos puntos medidos consecutivamente, y es a partir de este parámetro cómo se determina la densidad de puntos de la nube. Frecuentemente se confunde precisión con resolución, aunque hay una cierta relación entre ambos términos, definen aspectos diferentes del proceso de escaneado.

La resolución queda determinada por el detalle de menor tamaño que se necesita reconocer en el resultado final. Por tanto, está directamente relacionado con la escala del resultado. En áreas suaves como planos se necesitan menos puntos para modelar el objeto, mientras que en superficies con mayor curvatura se necesitan muchos más puntos, incluso a veces más de los que el escáner puede dar.

Hay que decir que cuánto más alta sea la resolución, se escanean más puntos para una misma zona y, por tanto, se tardará más tiempo en la captura. Además del tiempo, el tamaño de los datos almacenados también aumenta. Por otro lado es fundamental tener presente que escaneando con una resolución mayor que la precisión de cada punto se puede producir un muestreo excesivo y, resulta más ruido en el conjunto de datos final.

Como la mayoría de los escáneres trabajan con un ángulo constante entre dos puntos consecutivos (basado en coordenadas polares), la resolución dependerá de la distancia al escáner, dicha distancia se puede introducir manualmente a través del programa, o se captura la distancia a un punto y se define la resolución a esa distancia del escáner. Los puntos escaneados a una distancia mayor tendrán una resolución menor, mientras que los puntos más cercanos tendrán una resolución más alta, por ello se aconseja tomar un punto de muestra en la zona más alejada del escáner.

Algunos programas de control del escáner dan rápidamente los ajustes para la resolución, como por ejemplo, la resolución más baja, la media y la más alta. Estos ajustes rápidos establecen un valor de resolución para una cierta distancia, sin embargo es importante saber que en el manual del escáner, aparecen tablas que muestran la resolución efectiva a varias distancias para cada configuración de ajustes.

En el presente PFC los escaneados se efectuaron con una resolución alta, para poder efectuar análisis futuros del modelo.

English Heritage, institución del Reino Unido con experiencia en la gestión de entornos históricos, ofrece una tabla de ayuda para determinar la resolución apropiada para un proyecto concreto.

feature size	example feature	point density required to give 66% probability that the feature will be visible	point density required to give a 95% probability that the feature will be visible
10000mm	large earth work	3500mm	500mm
1000mm	small earth work/ditch	350mm	50mm
100mm	large stone masonry	35mm	5mm
10mm	flint galleting/large tool marks	3.5mm	0.5mm
1mm	Weathered masonry	0.35mm	0.05mm

Figura 4.11: Resoluciones apropiadas para elementos de patrimonio cultural de distinto tamaño

Esta tabla se basa en la siguiente fórmula:

$$Q = 1 - (M/\lambda)$$

Donde Q es la calidad de los datos, m la densidad de puntos (resolución) sobre el objeto y λ el tamaño del elemento más pequeño, o la densidad de puntos requerida. Por tanto, el valor de Q indica el nivel de objeto escaneado.

4.7. ESTACIONAMIENTO DEL LÁSER ESCÁNER

El estacionamiento de un equipo láser escáner sigue generalmente un procedimiento similar al de una estación total, llevándose a cabo de la siguiente manera:

- Montaje del trípode: Para ello se abre el trípode y se extienden sus patas, asegurándose de que el trípode esté en un suelo estable. Normalmente, el escáner se coloca a la altura de los ojos, sin embargo cuando la superficie del suelo tiene que ser escaneada es mejor una posición más alta porque proporciona un mejor ángulo de inclinación.
- Sujetar el escáner al trípode colocándolo sobre él y anclándolo.
- Dependiendo de la técnica de registro, el escáner se deberá poner sobre un punto de referencia conocido.
- Nivelar el escáner: Variando la longitud de dos de las patas del trípode, se nivela la superficie superior utilizando niveles tóricos, quedando la burbuja dentro del círculo interior. Debemos ser lo más precisos posible, y siempre teniendo en cuenta que cuando se estacione sobre un punto de referencia, este procedimiento no debe alterar el punto sobre el que estábamos en el paso 3.

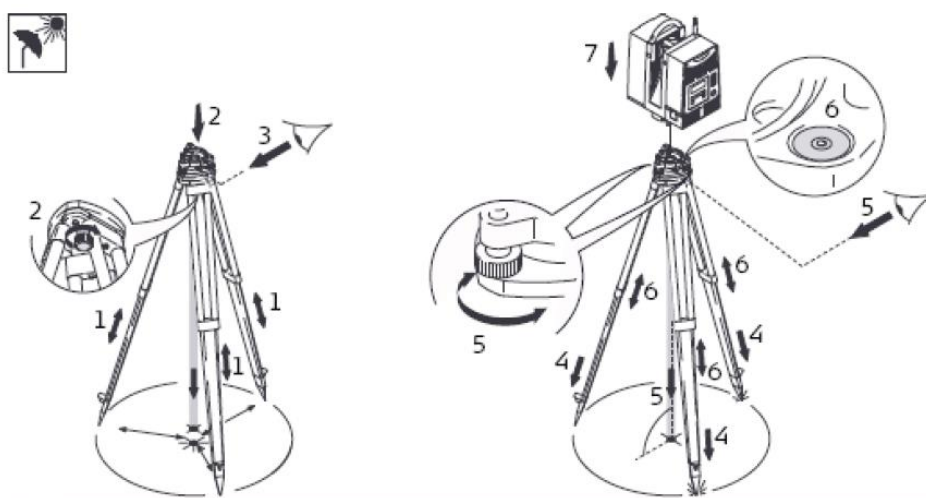


Figura 4.12: Estacionamiento de un láser escáner

4.8. TOMA DE DATOS: ESCANEADO DE LA FACHADA

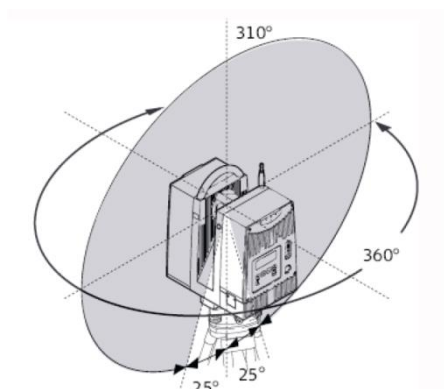


Figura 4.13: Campo de visión del escáner

El escáner con el que se trabajó, permite realizar escaneados a una velocidad de casi un millón de puntos por segundo. Con la resolución que se ha configurado, cada escaneado completo (cubriendo los 360° que permite el escáner Trimble TX5) tiene una duración estimada de 9 minutos.

Al llegar a la zona de trabajo encontramos que había un evento de coches de lujo lo que suponía obstáculos en el escaneado: personas y coches en movimiento; por tanto más probabilidad de tener zonas sin escanear de la fachada, por lo que se optó por aumentar el número de escaneados de 7 a 15 y así tener la certeza de tener toda la fachada capturada.

Una vez que se fijó la resolución más adecuada y se eligieron las nuevas estaciones se pudo empezar la toma de datos. El proceso de escaneado es totalmente automático, una vez iniciado, el escáner se mueve al punto de inicio y empieza a tomar puntos que se almacenan en la tarjeta SD insertada en el escáner.

Para la medición de los puntos, el escáner emite un láser de clase 3R según la norma UNE-EN 60825-1/A-11 y por tanto su visión directa en el haz es siempre peligrosa, de ahí que el escáner emita un sonido cuando está midiendo puntos para que se tomen las precauciones necesarias.

Una vez finalizado el escaneado se puede comprobar en la pantalla del escáner si los datos han sido medidos correctamente, ya que se muestra la nube de puntos a baja resolución. El proceso de estacionamiento y toma de datos se realizó de forma iterativa en las quince estaciones para completar el trabajo de campo.



Figura 4.14: Escaneado a baja resolución desde estación

5. METODOLOGÍA DE TRABAJO EN LABORATORIO

5.1. INTRODUCCIÓN

En este apartado de la memoria se describen todos los trabajos realizados en laboratorio hasta llegar a los resultados finales esperados. Los programas con los que se lleva a cabo el trabajo en laboratorio son:

- Trimble Business Center (TBC) para obtener las coordenadas de las bases en el sistema ETRS89 proyección UTM Huso 30 que permitan geo-referenciar el proyecto.
- Trimble RealWorks (TRW) para el tratamiento de las nubes de puntos y la obtención de los productos finales.

El trabajo en laboratorio consta de las siguientes tareas:

Con el programa TBC:

- Cálculo de las coordenadas de las bases GPS en post-proceso.

Con el programa TRW:

- Importación de las nubes de puntos.
- Orientación relativa: Fusión de las nubes de puntos.
- Orientación absoluta: Georreferenciación de las nubes de puntos.
- Segmentación de la nube de puntos.
- Muestreo de la nube de puntos.
- Creación de mallas.
- Edición de mallas.
- Modelado de la nube de puntos.
- Tratamiento de huecos
- Asignación de texturas.

5.2. CÁLCULO DE COORDENADAS DE LAS BASES GPS EN POSTPROCESO

El objetivo en esta fase del proyecto es calcular las coordenadas de las cuatro bases para llevar a cabo la georreferenciación del modelo 3D de la fachada con precisión centimétrica, para ello se ha optado por la solución de registro de diferencial de fase en estático y cálculo en postproceso.

Las soluciones diferenciales de fase son un posicionamiento relativo en el que se requiere un procesamiento diferencial de las observaciones de fase de las ondas portadoras. Se trabaja con dos receptores mínimo, actuando siempre uno como referencia.

Este tipo de soluciones son mucho más precisas que las soluciones de código. Las precisiones que se pueden obtener en post-proceso son milimétricas.

Las soluciones de fase aparte de correlar también el código se observa a las ondas portadoras. La metodología empleada de este sistema para dar solución a la posición es comparar la onda portadora observada, con una frecuencia de referencia obtenida del oscilador del receptor. Al controlar la fase se observa la evolución del desfase entre la recibida y la generada, éste cambia por la variación de distancias satélite-receptor, a esta distancia se le puede definir con un número entero de ciclos más una fracción de ciclo. La correlación entre las dos fases permite conocer la parte fraccional, y al número entero de ciclos se le denomina ambigüedad, ya que es desconocido y se resuelve en un proceso complejo de cálculos.

En la solución diferencial de fase se puede trabajar en Tiempo Real o en Postproceso. En los trabajos en Tiempo Real existe la limitación en la distancia entre receptores del orden de 15-20km debido mayoritariamente a los errores ionosféricos. Otro condicionante importante para esta distancia es el alcance de las transmisiones: los radios que incorporan los equipos estándares suelen tener un límite de entre 3-5km en zonas despejadas. En los trabajos en postproceso un incremento de la distancia entre receptores implica un incremento de los tiempos de observación. Si la distancia es mayor de 15-20km se requerirá disponer de receptores bifrecuencia para tener control sobre el error ionosférico.

Los datos de partida son las observaciones registradas en campo con los receptores GNSS. A partir de dichas observaciones, con el programa TBC se realiza el cálculo en post-proceso de las coordenadas de las bases en el sistema de coordenadas ETRS89, proyección UTM huso 30. Los pasos que se llevaron a cabo son:

- 1. Cálculo de coordenadas de la base 10.000.** La base 10.000 es la referencia para el posterior cálculo del resto de bases que se utilizarán para la georreferenciación del modelo.

El cálculo de las coordenadas de la base 10.000 se realiza mediante el servicio ofrecido por la casa comercial Trimble denominado RTX postproceso. Es un servicio online que calcula las coordenadas corregidas de un punto una vez enviado los datos de observaciones con al menos 1 hora de registro, seleccionando

el sistema de coordenadas, en este caso ITRF 1989, y la placa tectónica, Eurasia. La precisión del servicio es de 2 cm en planimetría y 2,5 cm en altimetría con un 95% de intervalo de confianza.

Trimble CenterPoint RTX Post-Processing

WELCOME TO TRIMBLE CENTERPOINT™ RTX™ POST-PROCESSING SERVICE

Trimble RTX™ is a global GNSS technology that provides centimeter-level positioning, worldwide, at any time.

This application allows you to upload GNSS observation data to the CenterPoint RTX post-processing service and receive positioning calculations. The positioning calculations are performed in ITRF2008 current epoch. Transformation can be performed by selecting a different coordinate system and tectonic plate. Complete the form below to receive your calculations via email.

1. Select a coordinate system and tectonic plate:

Coordinate System: ITRF1989

Tectonic Plate: Eurasia

2. Select a file to upload:

Choose File 37262911.T01

Figura 5.1: Servicio Trimble RTX Post-Processing

Las coordenadas corregidas de la base de referencia 10.000 en el sistema de coordenadas ETRS89 proyección UTM, Huso 30 calculadas son:

X = 511705,478 m.
 Y = 4425535,023 m.
 Altura elipsoidal = 868,127 m.
 Altura ortométrica = 920,127 m.

2. **Creación y configuración del proyecto en el TBC.** En el TBC se crea un nuevo proyecto definiendo el sistema de coordenadas ETRS89 proyección UTM Huso 30 y para el cálculo de la altura ortométrica se selecciona el geoide EGM08 para la península ibérica.
3. **Importación de las observaciones.** Una vez descargados los archivos de observaciones de los receptores GNSS con extensión T01 y T02 al ordenador, se importan en el programa TBC y en la ventana emergente (Figura 5.2) se puede revisar y modificar los valores de las observaciones introducidos en campo: nombre del punto, modelo y altura del receptor.

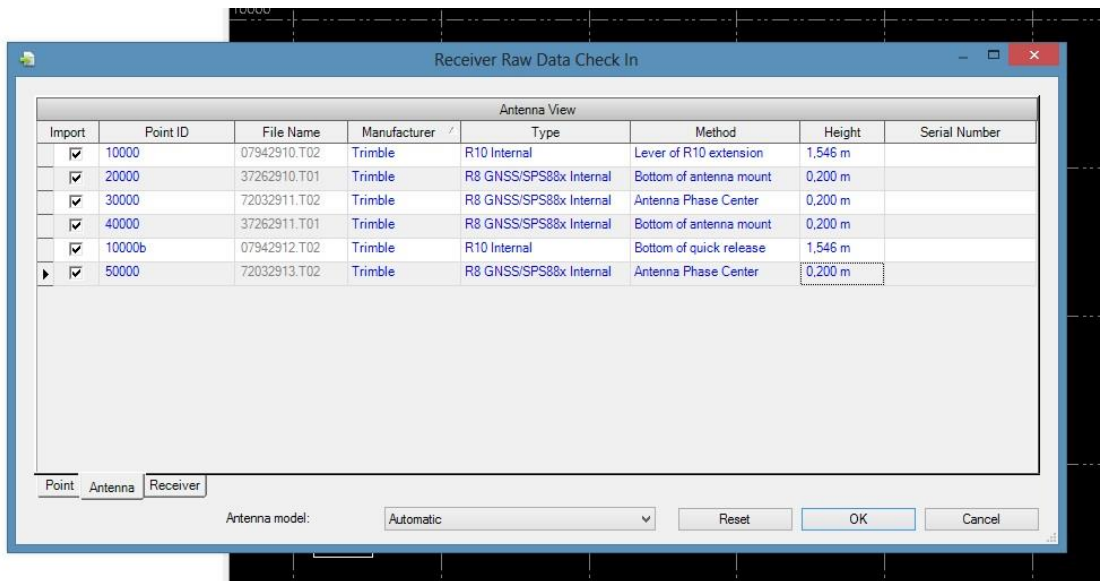


Figura 5.2: Importación de observaciones GNSS en TBC

4. **Unión de observaciones.** El punto 10.000 está representado dos veces (10.000 y 10.000b) al tener dos archivos de observaciones diferentes. Se procede a la unión de observaciones para tener un solo punto.
5. **Cálculo de las líneas base.** Se procede al cálculo de las líneas base a partir de los vectores resultantes de las observaciones registradas en el mismo intervalo de tiempo entre dos bases.

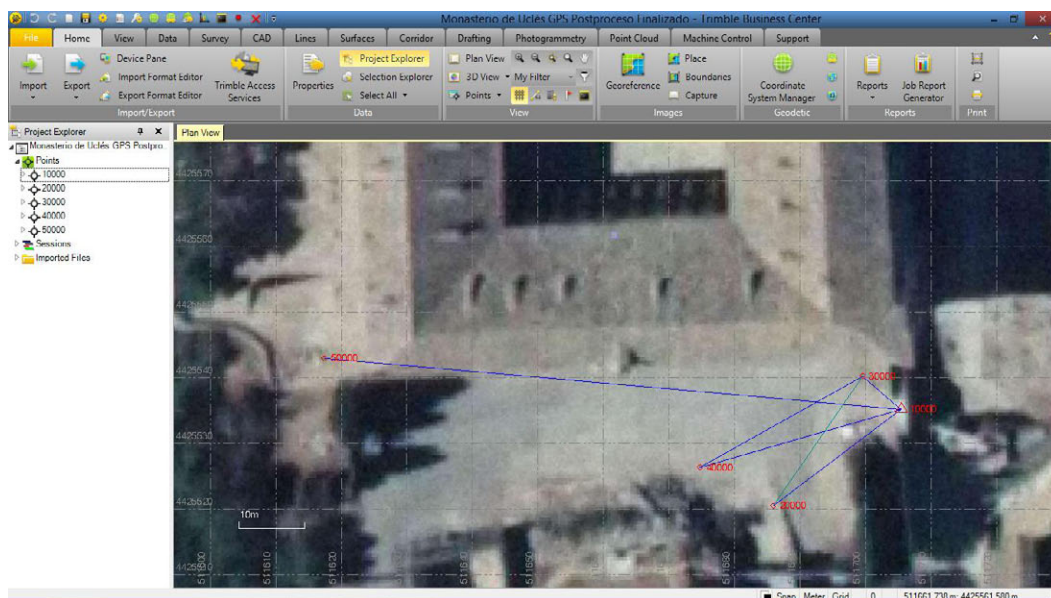
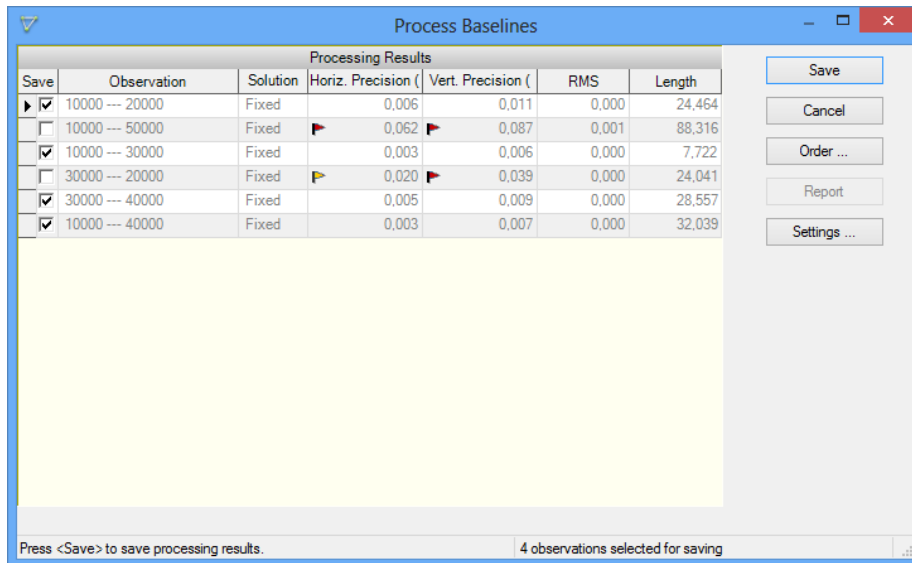


Figura 5.3: Visualización de vectores GNSS en TBC

Como se muestra en la figura 5.4, hay dos vectores que tras el procesamiento contienen bandera roja (10.000-50.000 y 30.000-20.000), esto significa que su precisión es inferior a la tolerancia establecida en el proyecto. Para mejorar dicha precisión recurrimos a la herramienta **editor de sesiones (fig. 5.5)**, que permite inspeccionar y editar las observaciones. Una vez editadas, la precisión de la línea base 10.000-50.000 está dentro de la tolerancia, no así 20.000-30.000 que al tener redundancia se decide desecharla en el cálculo. La fig. 5.6 muestra las precisiones finales en el procesamiento de las líneas base.



Save	Observation	Solution	Horiz. Precision (Vert. Precision (RMS	Length
<input checked="" type="checkbox"/>	10000 --- 20000	Fixed	0,006	0,011	0,000	24,464
<input type="checkbox"/>	10000 --- 50000	Fixed	0,062	0,087	0,001	88,316
<input checked="" type="checkbox"/>	10000 --- 30000	Fixed	0,003	0,006	0,000	7,722
<input type="checkbox"/>	30000 --- 20000	Fixed	0,020	0,039	0,000	24,041
<input checked="" type="checkbox"/>	30000 --- 40000	Fixed	0,005	0,009	0,000	28,557
<input checked="" type="checkbox"/>	10000 --- 40000	Fixed	0,003	0,007	0,000	32,039

Press <Save> to save processing results. 4 observations selected for saving

Figura 5.4: Primer procesamiento de líneas base con TBC

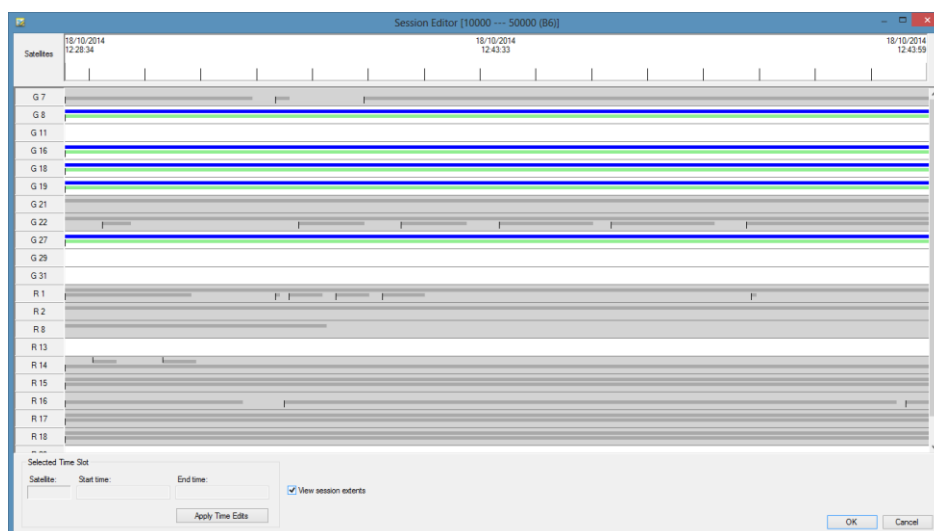
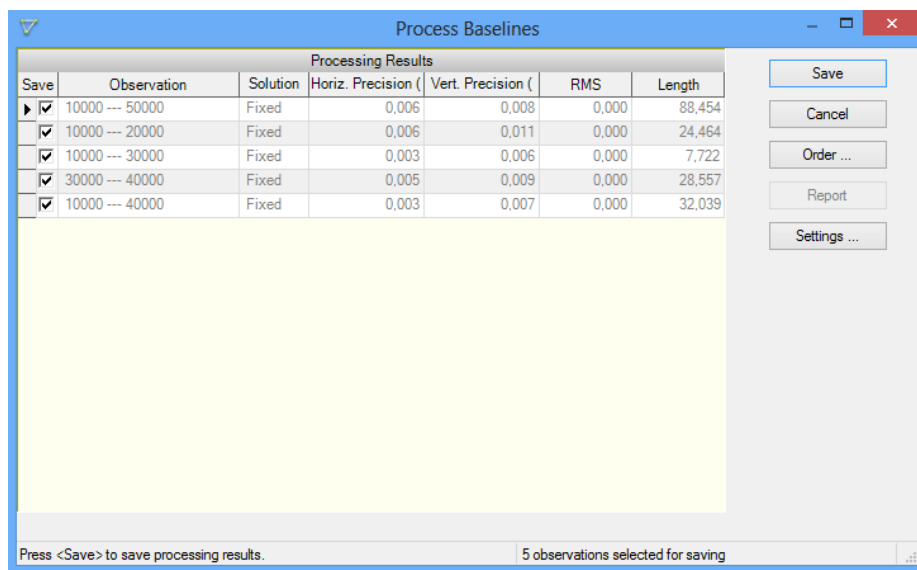


Figura 5.5: Editor de sesiones: vector 10.000-50.000



Save	Observation	Solution	Horiz. Precision (m)	Vert. Precision (m)	RMS	Length
<input checked="" type="checkbox"/>	10000 --- 50000	Fixed	0.006	0.008	0.000	88.454
<input checked="" type="checkbox"/>	10000 --- 20000	Fixed	0.006	0.011	0.000	24.464
<input checked="" type="checkbox"/>	10000 --- 30000	Fixed	0.003	0.006	0.000	7.722
<input checked="" type="checkbox"/>	30000 --- 40000	Fixed	0.005	0.009	0.000	28.557
<input checked="" type="checkbox"/>	10000 --- 40000	Fixed	0.003	0.007	0.000	32.039

Press <Save> to save processing results. 5 observations selected for saving

Figura 5.6: Segundo procesamiento de las líneas bases con TBC

Con el procesamiento de las líneas base se obtienen las coordenadas de todas las bases GNSS para poder llevar a cabo la georreferenciación del modelo 3D.

5.3. IMPORTACIÓN DE LAS NUBES DE PUNTOS

El resultado de una captura de un escáner es una gran cantidad de puntos en el espacio, cada uno teniendo unas coordenadas X, Y, Z y, normalmente, un valor de reflectividad, incluso algunos escáneres proporcionan información del color en forma de valores RGB (rojo, verde y azul).

La nube de puntos se puede representar dibujando todos los puntos en la pantalla, pero esto conlleva una impresión caótica y el usuario puede tener dificultades para reconocer las estructuras en la nube, por ello es recomendable mostrar cada punto con su valor de reflectividad o color, entendiéndose así mucho mejor el conjunto de toda la estructura.

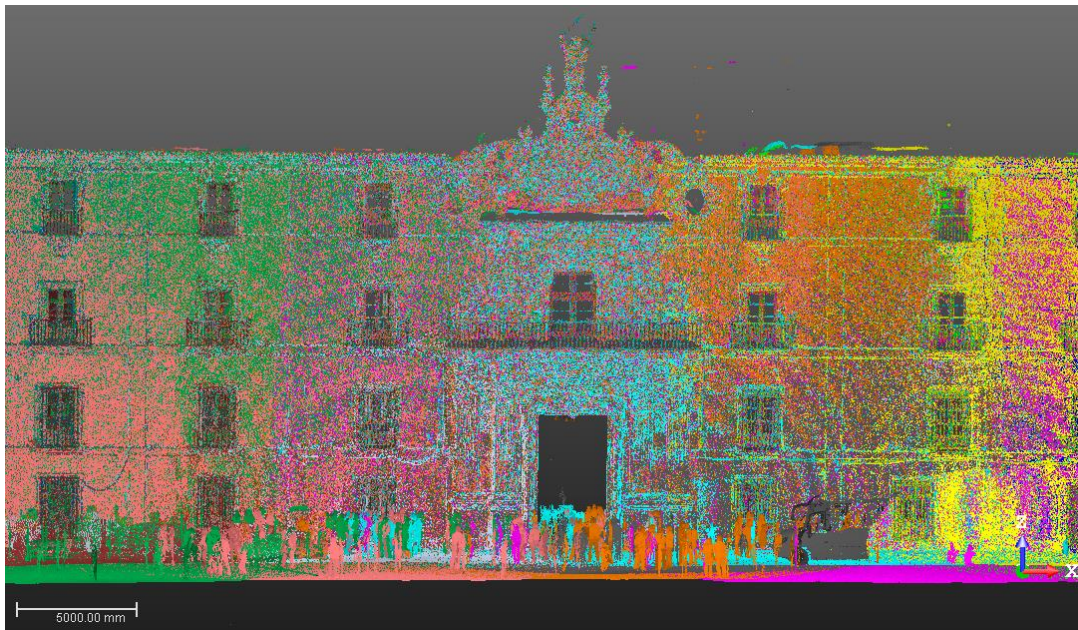


Figura 5.7: Nube de puntos mostrada por color según la base de escaneo

El proceso fundamental de la modelización tridimensional es convertir la entrada de información (nube de puntos) en salidas geométricas 3D, es decir, la nube de puntos por sí sola no es más que un modelo geométrico de la realidad que ha sido medido, sin embargo no es un modelo optimizado, por ello se debe tratar hasta conseguir las salidas informáticas deseadas, que en RealWorks es lo que se denomina geometrías.

Para importar los datos tomados en campo en el programa bastará con seguir las siguientes indicaciones:

Menú → Archivo → Abrir

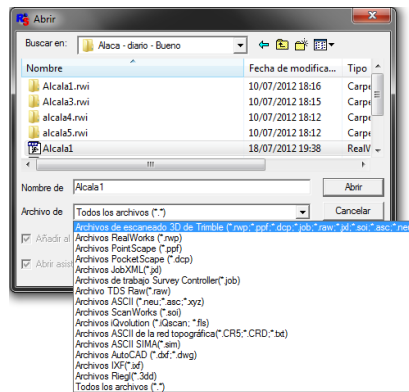


Figura 5.8: Comandos para cargar nubes de puntos

En este proyecto se realizaron quince estacionamientos, con escaneos de alta resolución y siempre con la precaución de que dentro de la zona de escaneo hubiera al menos cuatro elementos de puntería (las dianas sobre trípode, dianas adhesivas o las esferas), para una posterior georreferenciación de alta precisión. A continuación muestro los ficheros con los que se comenzó a trabajar en el laboratorio:

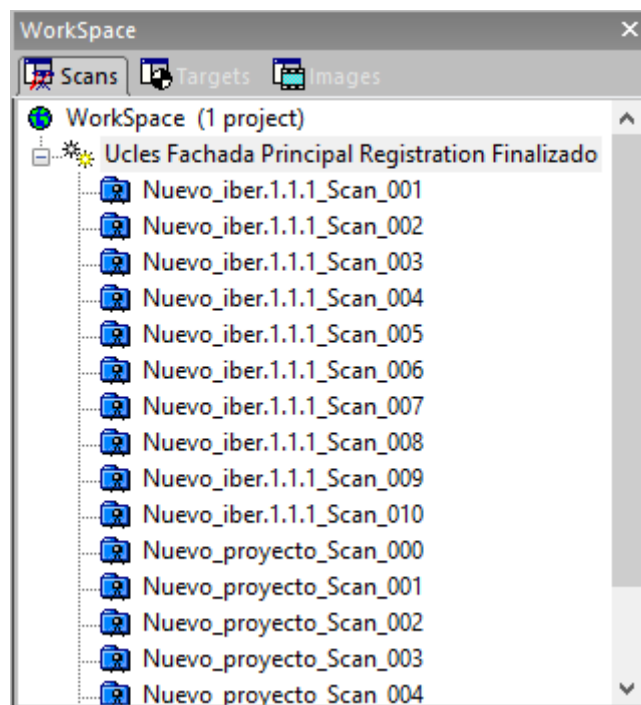


Figura 5.9: Importación de escaneos

A continuación se muestran cuatro nubes de puntos de las quince tomadas en campo a modo de ejemplo:

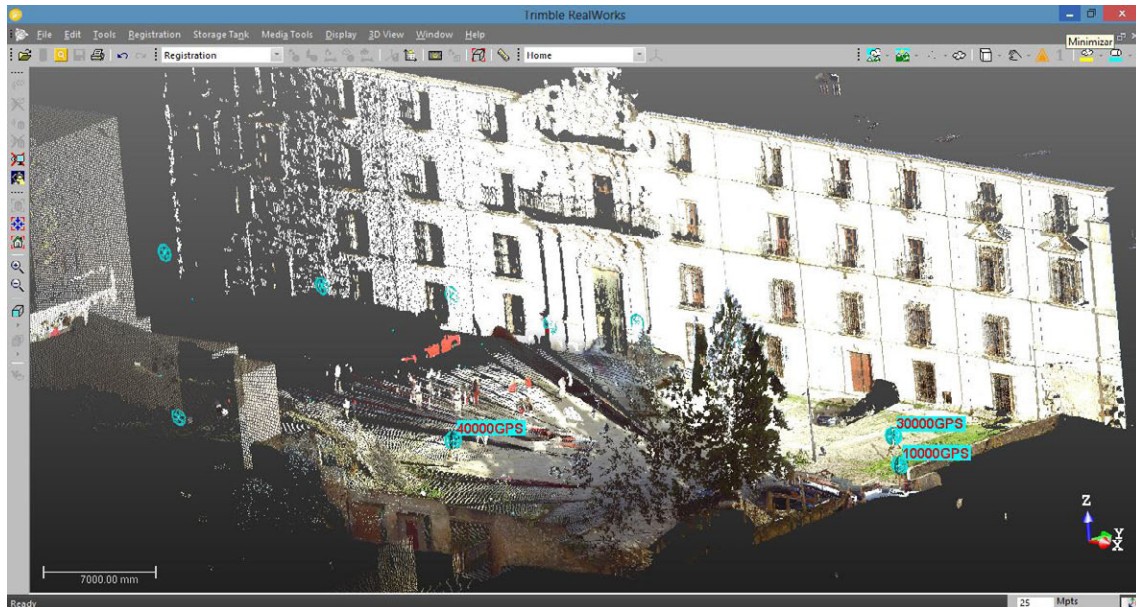


Figura 5.10: Escaneado 001 formado por 15.663.388 puntos

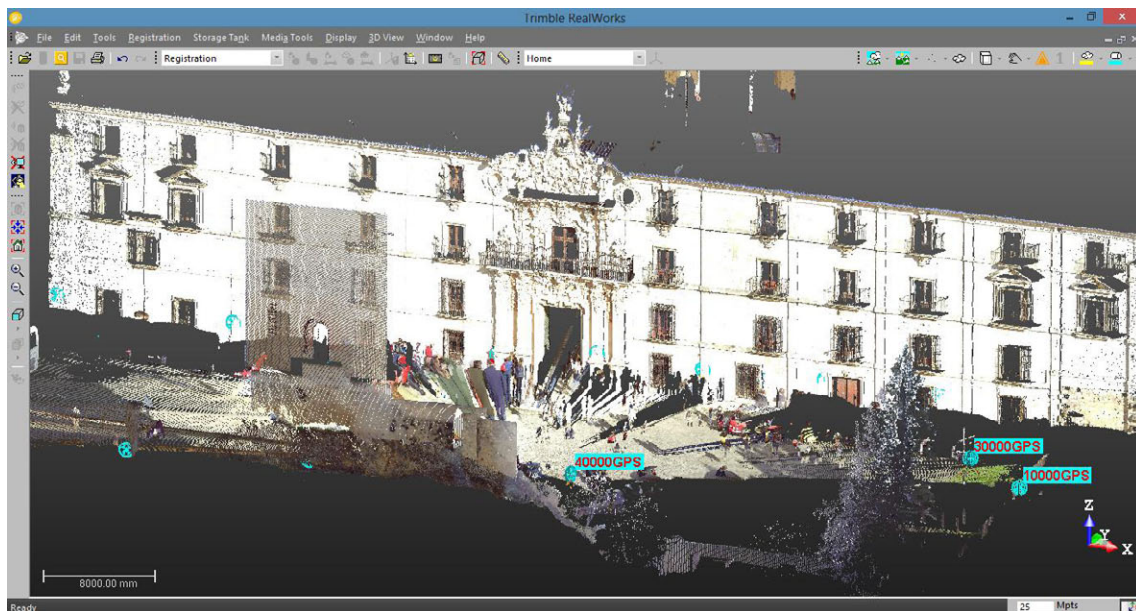


Figura 5.11: Escaneado 005 formado por 19.655.024 puntos

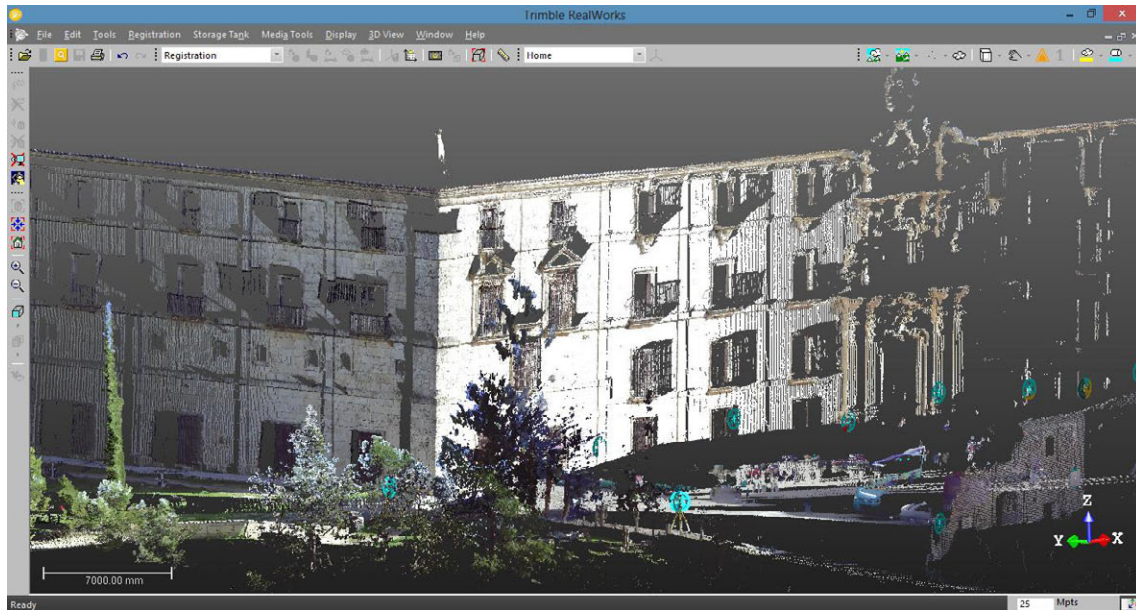


Figura 5.12: Escaneado 010 formado por 20.495.290 puntos

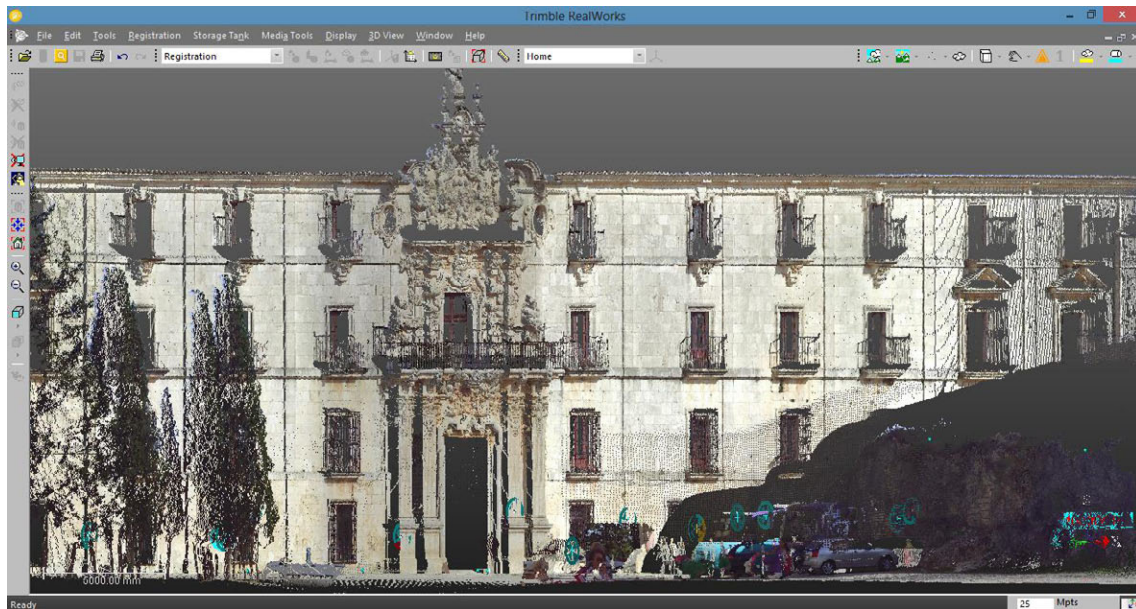


Figura 5.13: Escaneado 012 formado por 14.414.231 puntos

5.4. ORIENTACIÓN RELATIVA: FUSIÓN DE LAS NUBES DE PUNTOS

Una vez realizada la importación de las nubes de puntos, cada nube de puntos tiene un sistema de referencia diferente y por tanto la representación gráfica de las quince nube de puntos de forma simultánea resulta caótica como se muestra en la figura 5.13.

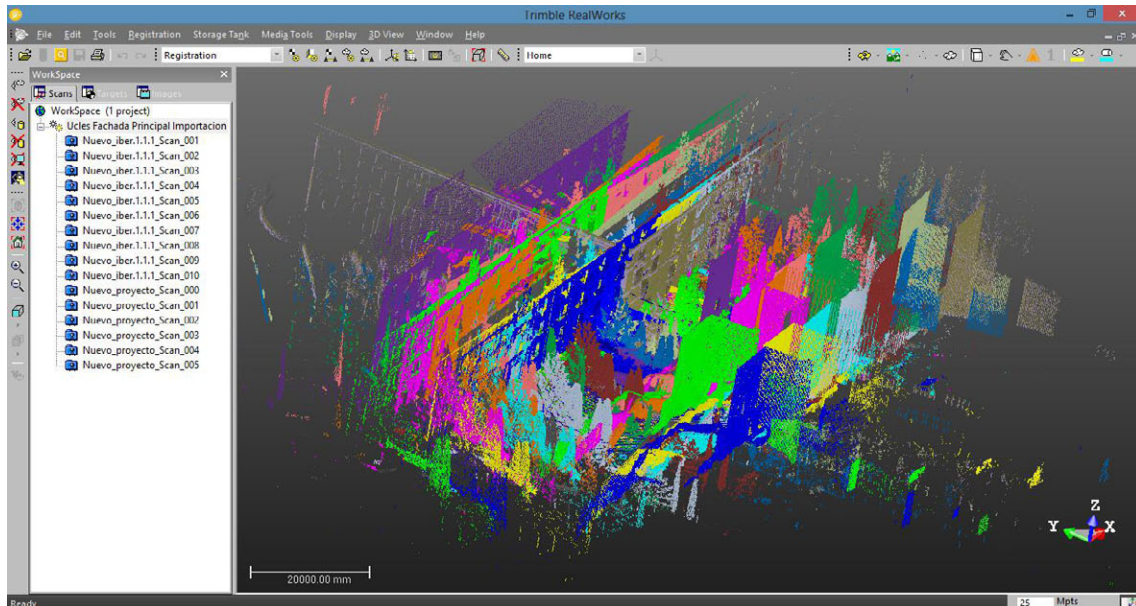


Figura 5.14: *Visualización de los escaneos sin fusionar*

Por tanto se necesita fusionar de las nubes de puntos para realizar la orientación relativa, es decir, referenciar las quince nubes de puntos a un único sistema de referencia. Para ello, es necesario localizar al menos tres elementos de puntería en cada uno de los escaneos para tener redundancia de datos y así poder calcular los residuales resultantes de la transformación de las nubes de puntos.

Para llevar a cabo la fusión de las nubes de puntos, hay que realizar los siguientes pasos:

- Detección automática de los elementos de puntería, dianas y esferas (**Registro – Extracción automática de objetivos y registro**). Este proceso consiste en la búsqueda de un patrón:

En el caso de las dianas, el programa busca una combinación de zonas de máxima y mínima reflectividad (color blanco y negro) localizando así el centro de la diana.



Figura 5.15: *Foto diana*

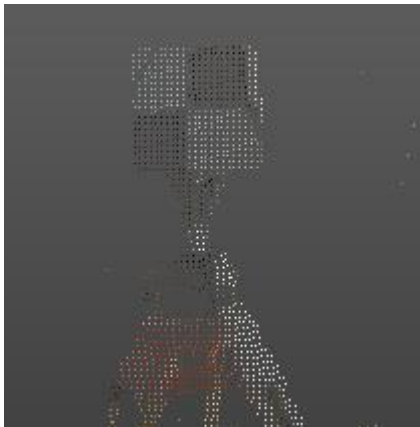


Figura 5.16: *Nube de puntos de diana*

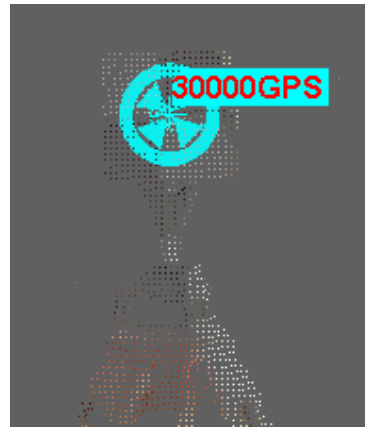


Figura 5.17: *Objetivo en diana*

En el caso de las esferas, el programa busca en los escaneos puntos que formen una figura geométrica de una esfera con un diámetro que previamente se haya definido, en este proyecto se han utilizado dianas de 140 mm.



Figura 5.18: *Foto de esfera*

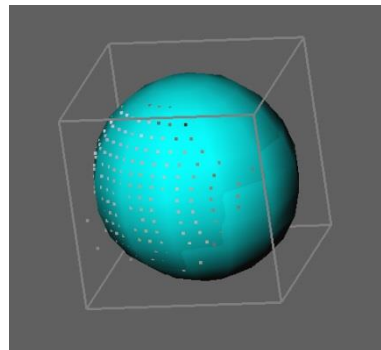


Figura 5.19: *Nube de puntos y geometría de esfera*

- Detección manual de las dianas y esferas que no han sido registradas automáticamente y eliminar aquellos objetivos que el programa ha detectado como diana o esfera de forma errónea. **(Registro – Herramienta analizador de objetivos)**

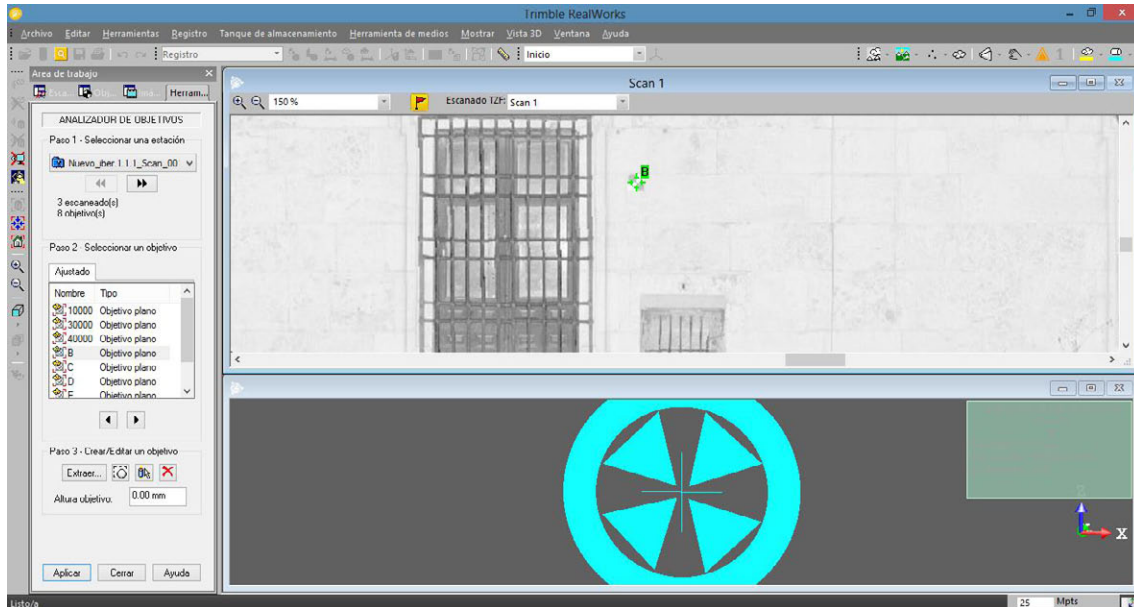


Figura 5.20: Herramienta analizador de objetivos

- Nombrar cada uno de los objetivos en cada uno de los quince escaneos, resultando un total de 24 entre esferas, dianas sobre trípode y dianas adhesivas.

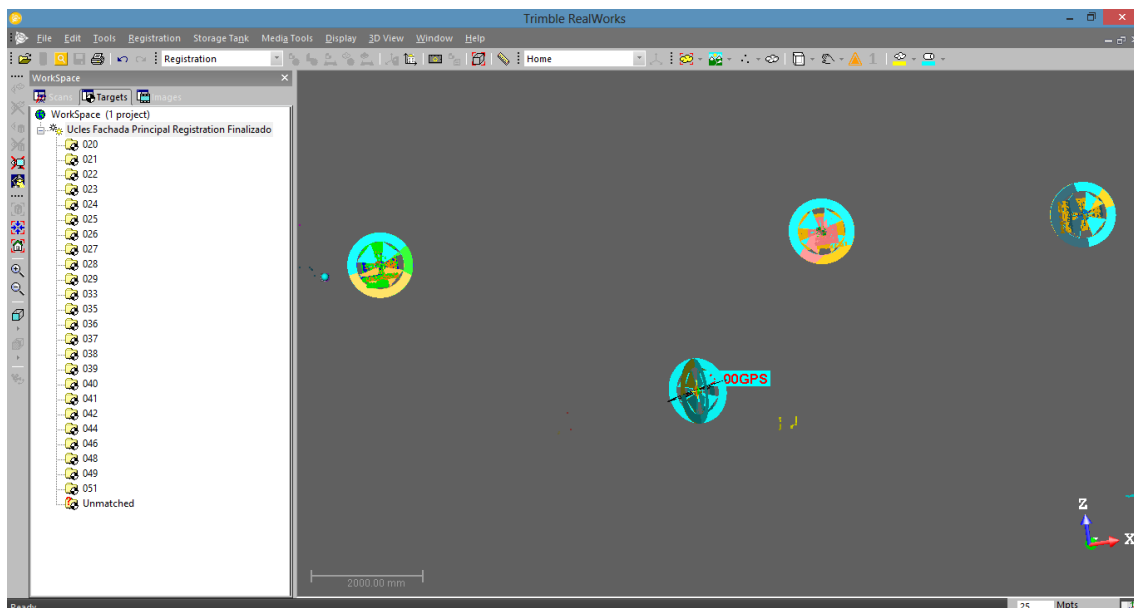


Figura 5.21: Objetivos detectados

- Cálculo de la orientación relativa y desactivación de aquellos objetivos cuyo error supere la tolerancia establecida en el proyecto (**Registro – Registro de Nube de Puntos**).

Una vez que conseguimos finalizar este proceso, tendremos las cuatro nubes de puntos unidas, por lo que es ahora cuando podemos visualizar una imagen más acorde con la realidad del monumento, en este momento se considera por finalizado el proceso de orientación relativa o fusión de nubes, cuyo resultado es el siguiente:

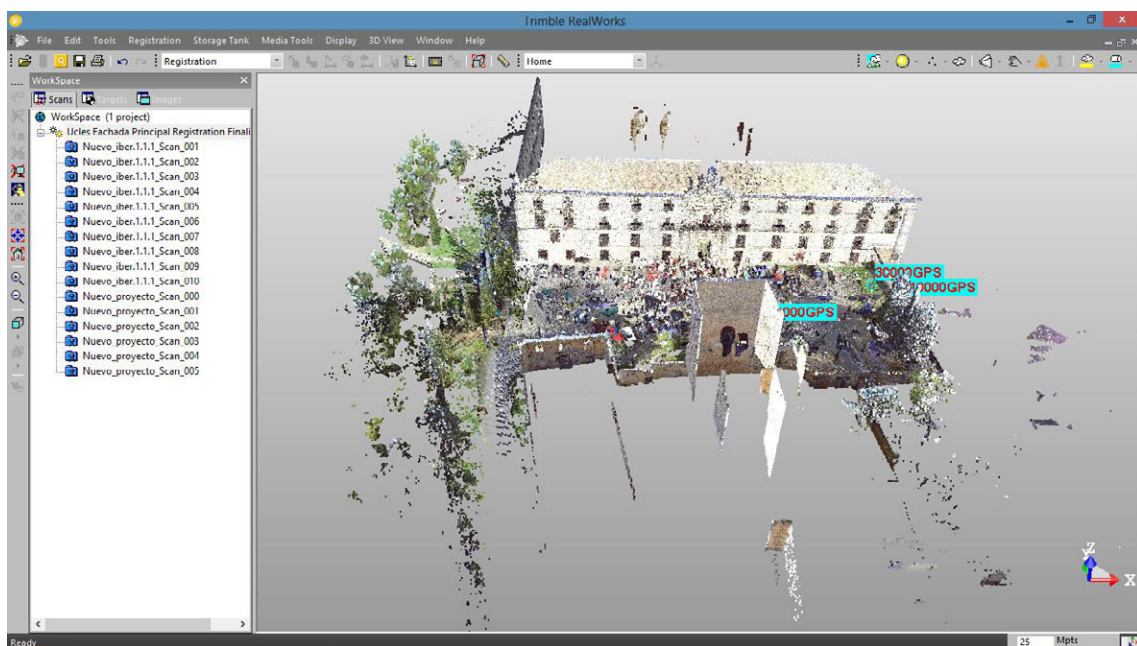
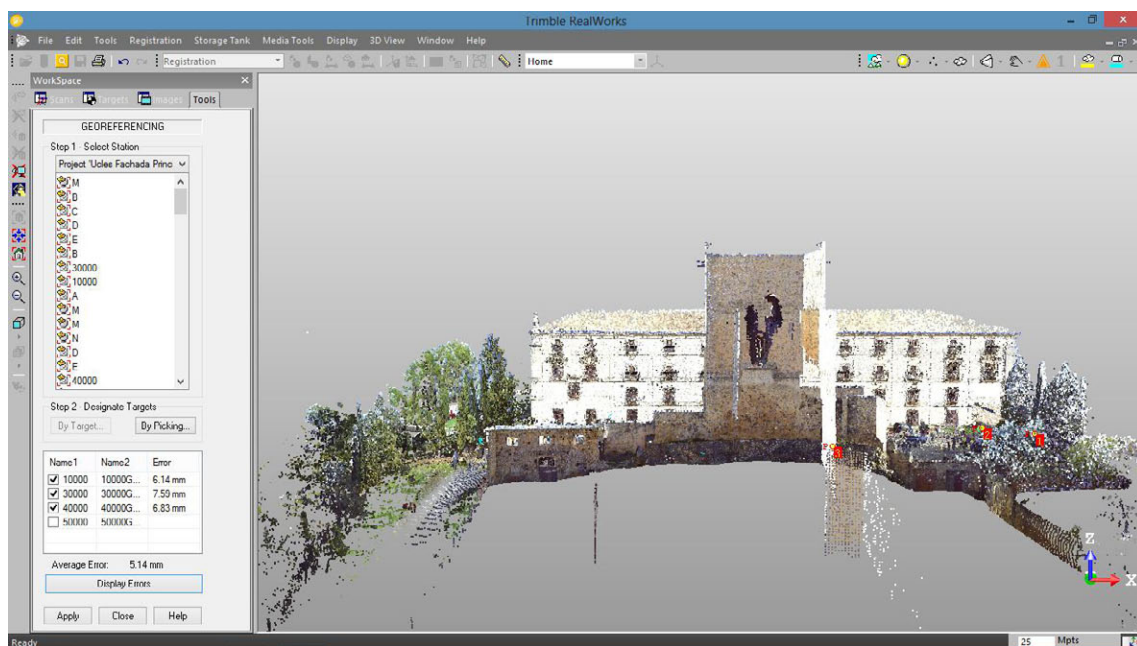


Figura 5.22: Nubes de puntos fusionadas

5.5. ORIENTACIÓN ABSOLUTA: GEORREFERENCIACIÓN DE LAS NUBES DE PUNTOS

Directamente vinculado con la alineación, o registro, se encuentra la georreferenciación de todo el conjunto de datos. La georreferenciación significa, además de alinear las nubes de puntos, georreferenciar el conjunto de datos a un sistema de coordenadas fijo.

En este proyecto se optó por una georreferenciación indirecta, para la cual se contó con el uso de dianas sobre trípode en el escenario para alinear las nubes de puntos. Como ya se mencionó en el apartado trabajo de campo, si se necesita georreferenciar es necesario medir los puntos de referencia mediante técnicas topográficas y transformarlos a un sistema de coordenadas conocido, en este caso mediante técnicas GPS.

Para llevar a cabo el registro indirecto se necesitan, como mínimo, tres puntos de referencia presentes en las dos nubes de puntos a registrar, en este caso se contaba con las tres dianas sobre trípode dónde previamente se habían situado los receptores GNSS.



Figura 5.23: Receptor GPS sobre trípode



Figura 5.24: Diana sobre trípode

Tras esta breve introducción, seguiremos las siguientes indicaciones para ejecutar esta herramienta en el programa.

Registro – Herramienta de georefenciamiento

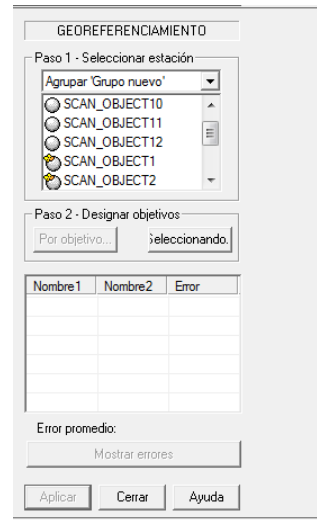
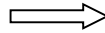
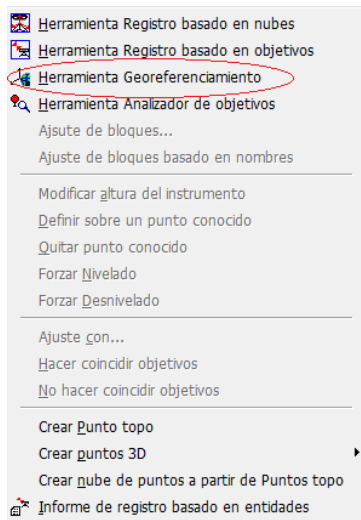
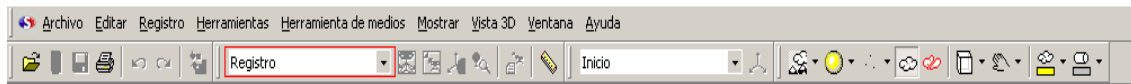


Figura 5.25: Menú de herramientas

Figura 5.26: Herramienta georreferenciación

En este momento la herramienta de georreferenciación presenta dos opciones para llevar a cabo el proceso mediante la asignación de coordenadas:

- Por objetivo: Consiste en seleccionar en pantalla la diana con la que se quiere trabajar, se pulsa la opción por objetivo e inmediatamente después se abrirá una ventana donde se debe introducir las coordenadas que ya se tienen calculadas.

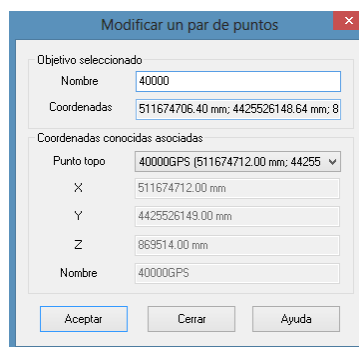
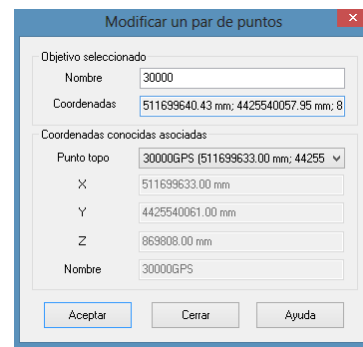
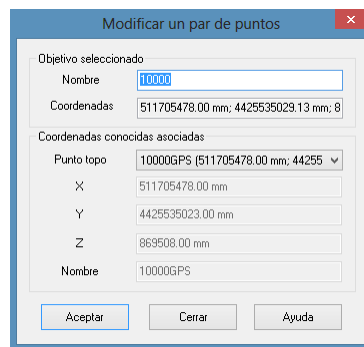


Figura 5.27: Coordenadas globales de las dianas

- Por selección: En este caso se selecciona el punto de la fachada que más interese y al igual que en el caso anterior se introduce sus coordenadas obtenidas con anterioridad.

Por último se pulsa la opción aplicar y se ve cuál ha sido el error promedio obtenido en la georreferenciación.

Nombre1	Nombre2	Error
<input checked="" type="checkbox"/> 10000	10000G...	5.82 mm
<input checked="" type="checkbox"/> 30000	30000G...	7.48 mm
<input checked="" type="checkbox"/> 40000	40000G...	6.23 mm
Error promedio:		6.51 mm
Mostrar errores		

Figura 5.28: Puntos utilizados en el proceso y error promedio cometido

A continuación se muestra una imagen en la que se visualiza las tres bases utilizadas:

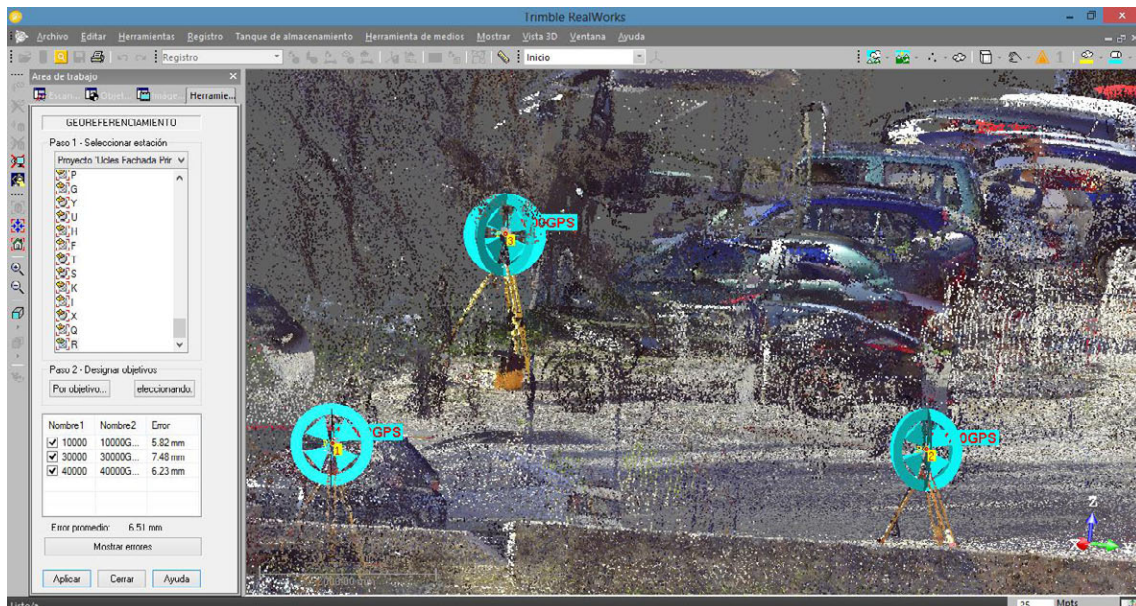


Figura 5.29: Imagen con las tres bases utilizadas

Por último para comprobar que la georreferenciación se ha efectuado correctamente, compararemos las coordenadas de uno de los elementos creados anteriormente, por ejemplo una esfera, de tal forma veremos que una misma esfera en un primer momento tenía unas coordenadas asignadas por el sistema interno del propio escáner, mientras que ahora tiene unas coordenadas globales, del mismo orden que las de los puntos calculados con la estación.

Para ello se activa la ventana de propiedades de una esfera después del proceso, y se ve que las coordenadas del centro están dentro del orden del sistema ETRS89 UTM Huso 30:

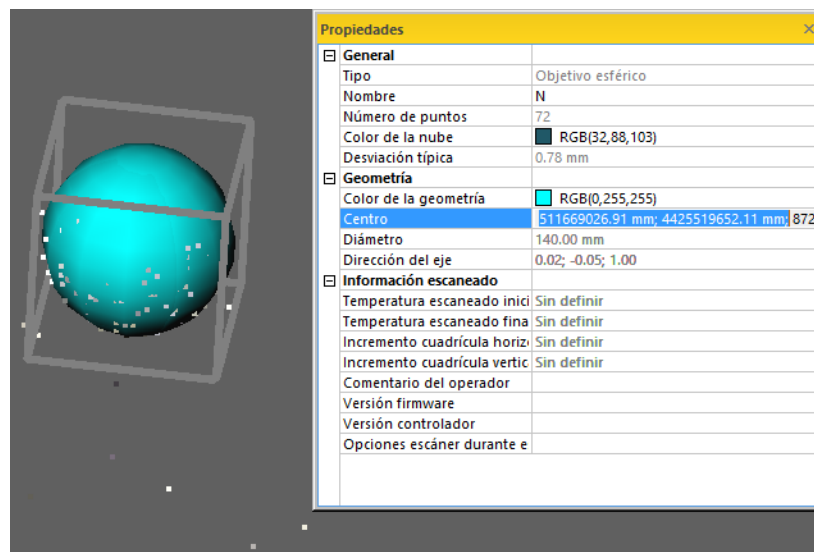


Figura 5.29: Propiedades de la esfera

5.6. SEGMENTACIÓN DE LA NUBE DE PUNTOS

En el programa RealWorks, se entiende como segmentación el proceso que tiene por finalidad clasificar la información de la nube de puntos, con objeto de eliminar ruido, entendiendo por éste toda aquella información innecesaria que haya podido ser producida por condiciones meteorológicas, edificaciones cercanas, vegetación, tránsito de vehículos o personas, etc.

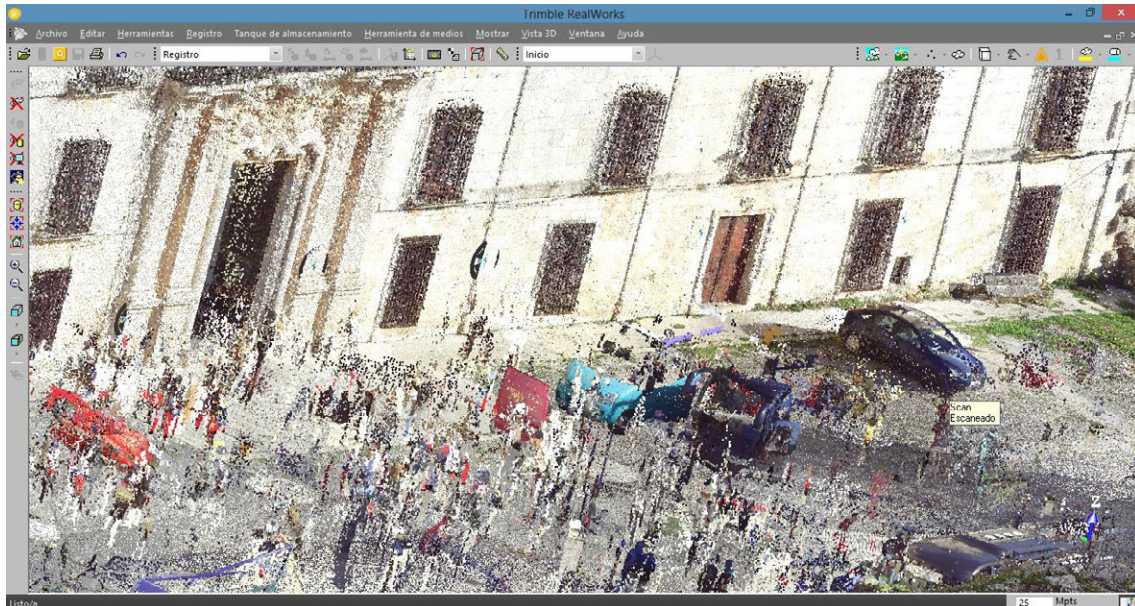


Figura 5.30: Ejemplo de ruidos en la nube de puntos (tránsito de personas y vehículos)

Este proceso es indispensable que se realice de forma minuciosa, de lo contrario, el modelo contendrá triángulos que conecten los puntos con ruido a los puntos correctos, produciendo una malla llena de picos. Se podrá llevar a cabo de manera selectiva e interactiva, sin embargo tendremos que tener en cuenta que se trata de un proceso lento y laborioso.

Las indicaciones a seguir en el programa son las siguientes:

Modo Office Survey → Menú Herramientas → Segmentación

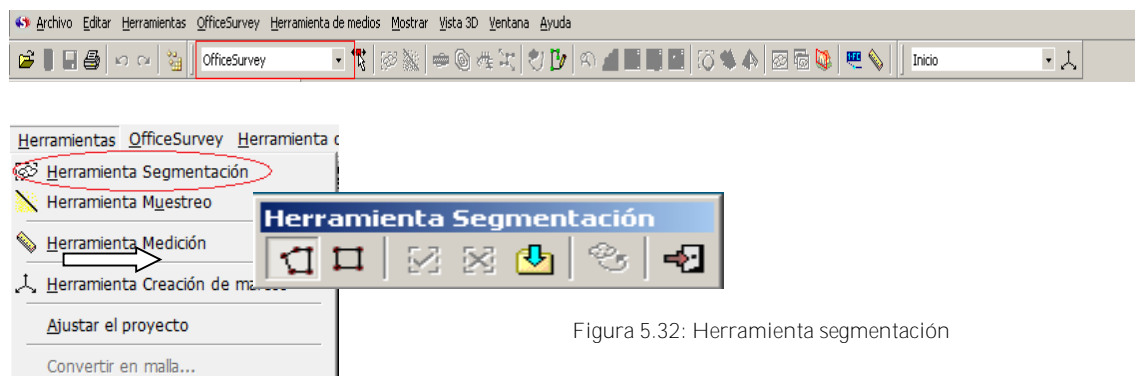


Figura 5.32: Herramienta segmentación

Figura 5.31: Menú de herramientas

Una vez que se tiene desplegada la herramienta de segmentación, los pasos a seguir para la eliminación del ruido son los siguientes:

1. Selección poligonal o rectangular de la zona a segmentar.
2. Botón derecho → Finalizar cercado.
3. Botón derecho → Dentro: significa que es válido lo de dentro.
4. Botón derecho → Fuera: significa que es válido lo de fuera.
5. Crear.

La primera segmentación es para crear un conjunto con la zona de interés del proyecto.

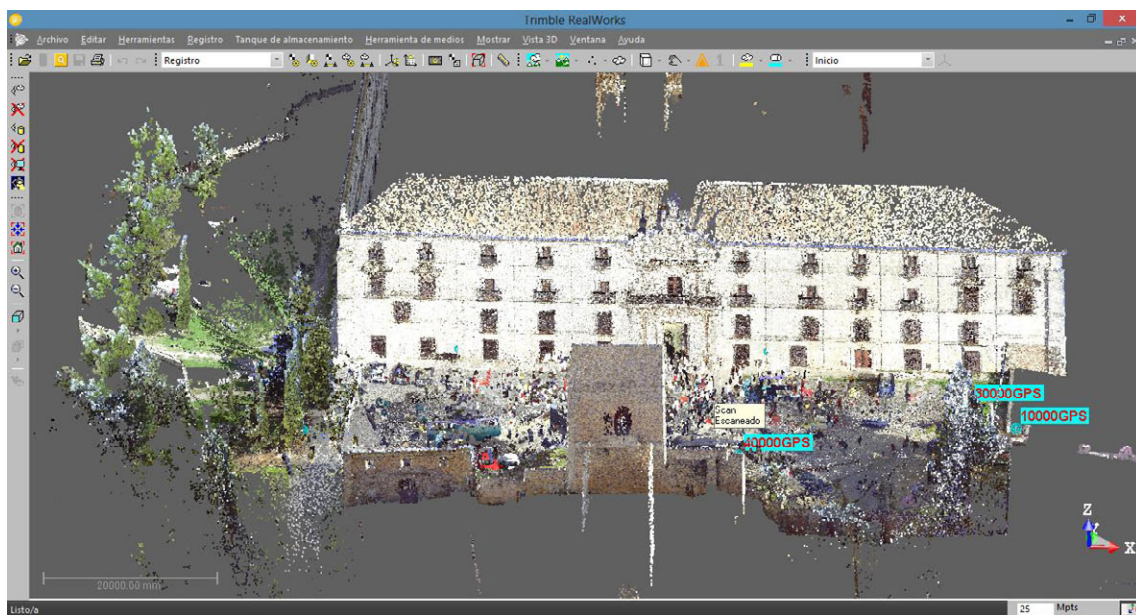


Figura 5.33: Nube de puntos original

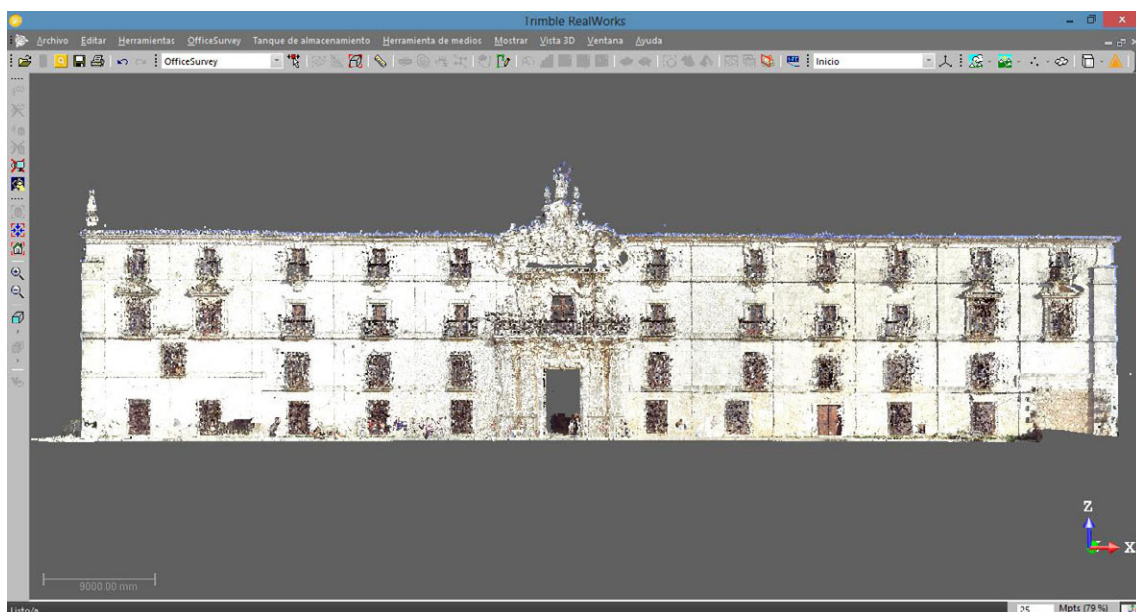


Figura 5.33: Nube de puntos, primera segmentación

Para trabajar en este proyecto de una forma rápida y efectiva en la fase de segmentación, comúnmente conocida como limpieza de la nube de puntos, se requiere de una división de la nube de puntos original en subconjuntos más pequeños y una clasificación de dichos conjuntos en carpetas y subcarpetas, lo cual también va a ser muy útil en posteriores fases del proyecto como la creación de mallas y relleno de huecos.

La primera clasificación es:

- Fachada central
 - Fachada central
 - Fachada Inferior
 - Fachada superior
 - Puertas
 - Ventana Central
- Ventanas y puertas
 - Ventanas centrales inferiores
 - Ventanas centrales superiores
 - Ventanas superiores
 - Ventanas inferiores
- Resto de Fachada
 - Fachada derecha 1
 - Fachada derecha 2
 - Fachada izquierda 1
 - Fachada izquierda 2
- Suelo
 - Suelo derecha
 - Suelo izquierda

Cada grupo de ventana está compuesto por subcarpetas con cada una de las ventanas, un total de 41, cada una de las ventanas contiene las siguientes subcarpetas:

- Mallado fachada
- Modelado barandillas o rejas
- Modelado ventana interior

Se trata de una tarea laboriosa que requiere de tiempo y de un manejo fluido del programa, conforme se vayan realizando segmentaciones la nube se va depurando de ruidos y todos aquellos elementos que no nos interesen, hasta llegar a los resultados deseados.

Las imágenes que se muestran a continuación son subconjuntos de nube de puntos una vez segmentadas:

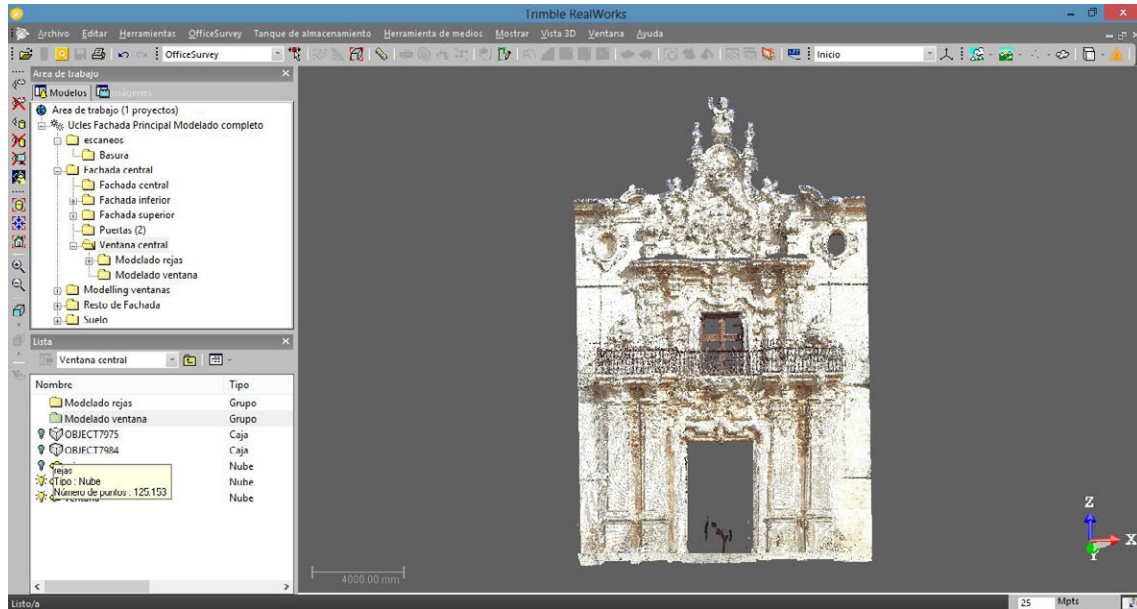


Figura 5.34: Nube de puntos, fachada central

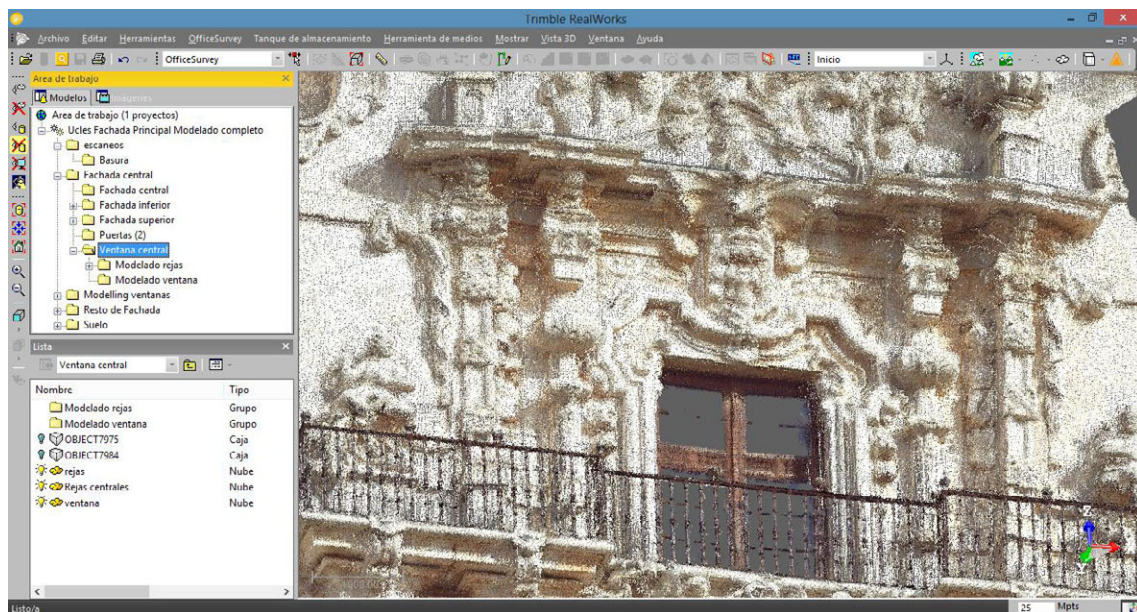


Figura 5.35: Nube de puntos, detalle fachada central

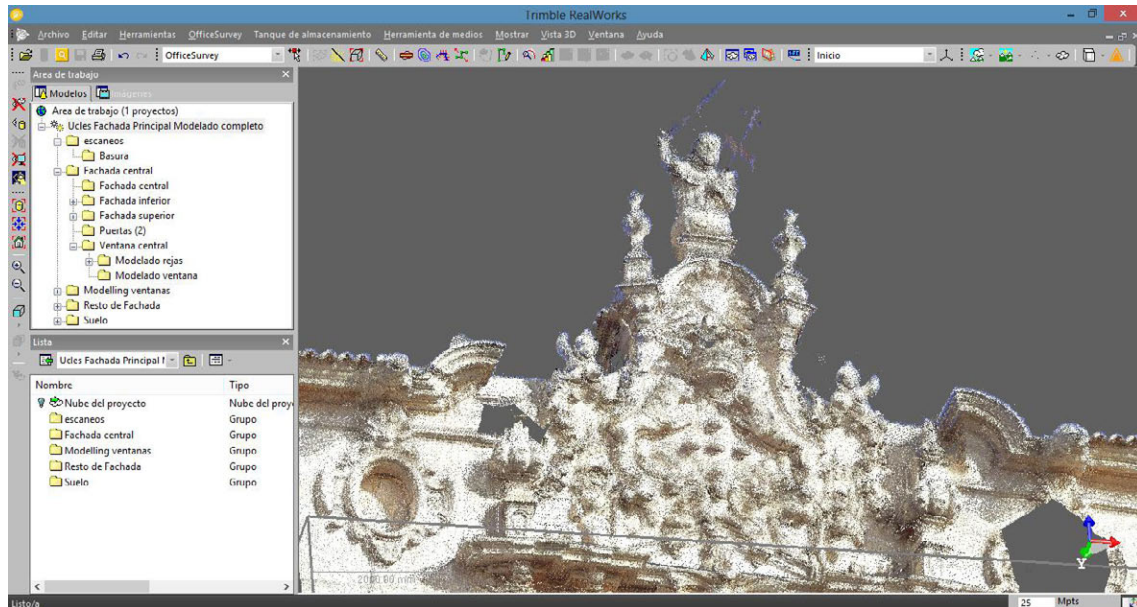


Figura 5.36: Nube de puntos, detalle fachada central

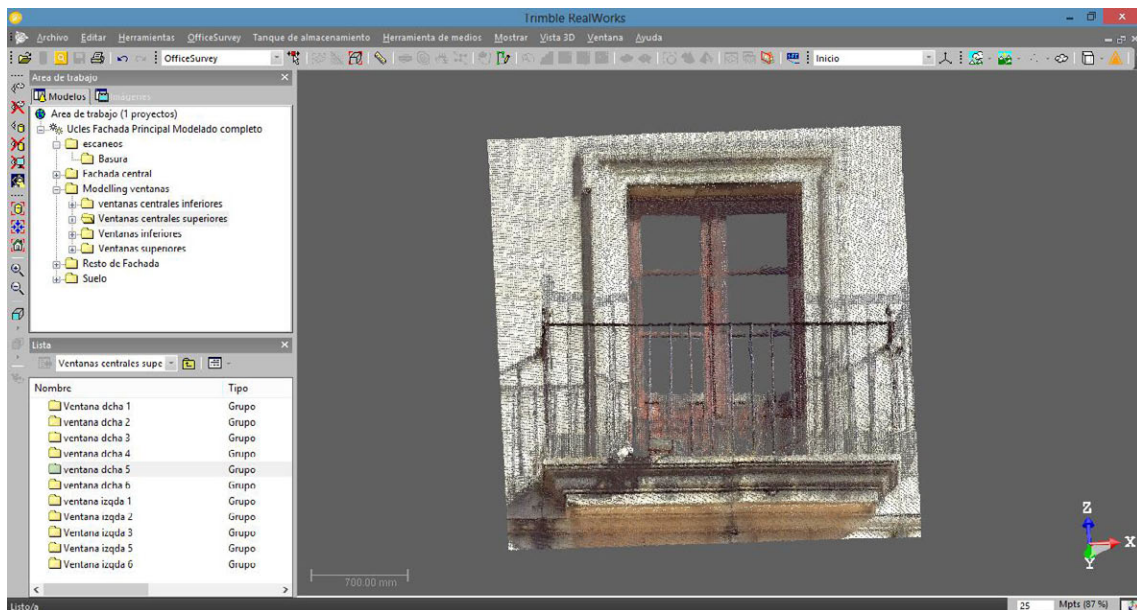


Figura 5.36: Nube de puntos, ventana tipo I

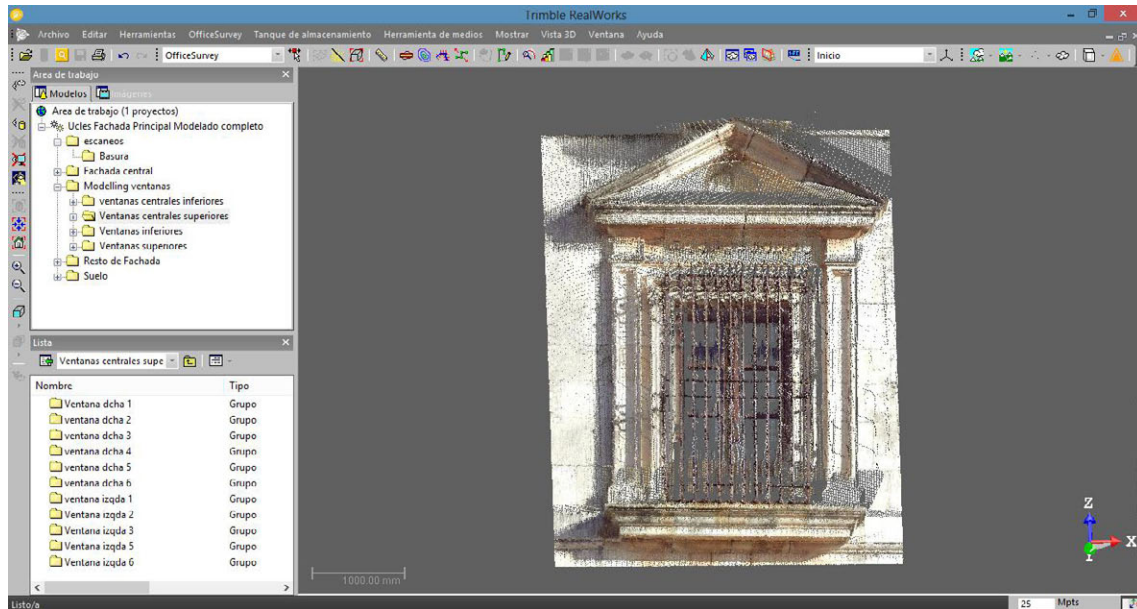


Figura 5.37: Nube de puntos, detalle ventana tipo II

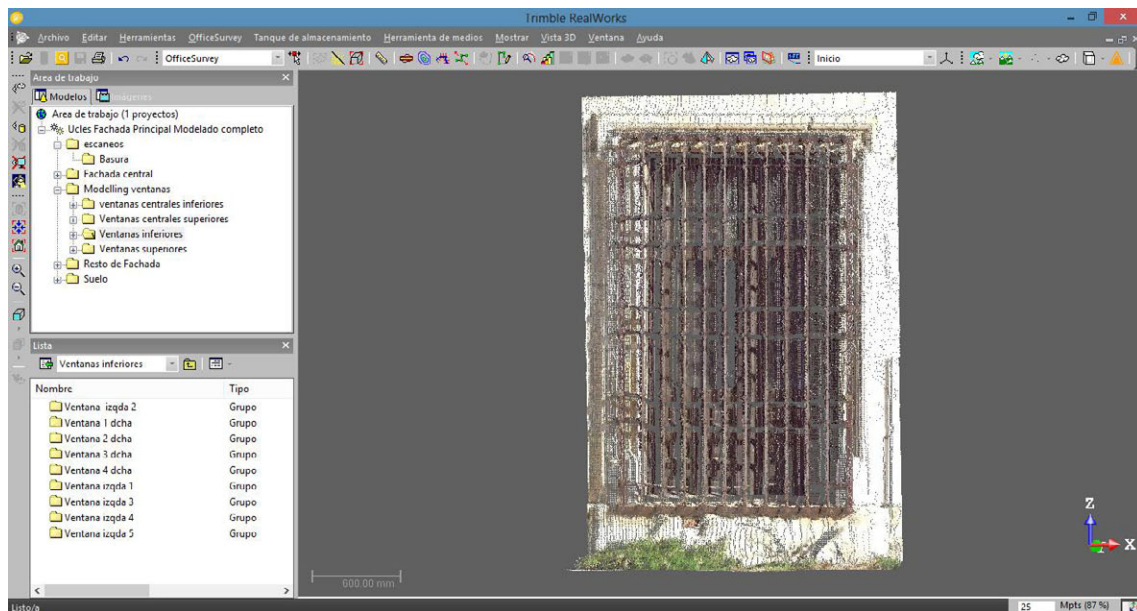


Figura 5.38: Nube de puntos, detalle ventana tipo III

Por último mencionar, que aunque en mi caso haya realizado este proceso de forma manual, existen algoritmos automáticos que eliminan el ruido basándose, principalmente, en dos principios. El primero en el hecho de que los puntos que tengan pocos puntos o ninguno a su alrededor, son considerados ruido, probablemente originados por personas y otros obstáculos que se mueven por delante del escáner mientras éste está en funcionamiento, y el segundo basado en desplazar ligeramente los puntos para alcanzar una suavidad óptima de la superficie.

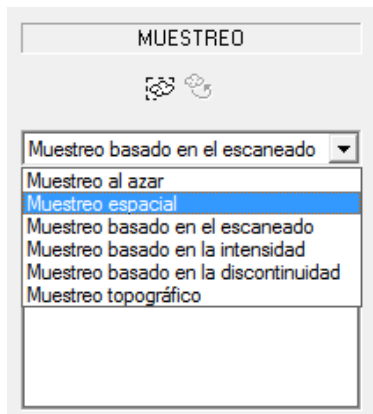
Una vez finalizado este proceso, ya sea de manera manual o automática tenemos en pantalla las nubes de puntos limpias, segmentadas y clasificadas, en definitiva preparadas para seguir con los procesos sucesivos de modelización.

5.7. MUESTREO DE LA NUBE

En el programa RealWorks, la herramienta muestreo sirve para preparar las nubes de puntos para futuras triangulaciones, en definitiva supone una simplificación geométrica de la nube de puntos en función de una serie de criterios.

En esta operación se eliminan puntos de forma automática, reduciendo así tamaño del archivo, y como consecuencia se mejoró la visibilidad y el manejo de la nube además de reducir de forma considerable los tiempos de espera en el procesado de cálculos posteriores en el ordenador.

Para filtrar las nubes de puntos, el programa ofrece diferentes tipos de muestreos, según el tipo y la calidad del producto final que se quiera obtener, en este proyecto se utiliza el muestreo espacial.



El muestreo espacial elimina información según una resolución fijada, teniendo en cuenta que el valor que introduzcamos ha de ser mayor a la resolución del escaneado. Se trata del filtro más importante, ya que homogeniza la precisión y disminuye considerablemente el volumen de información del proyecto.

Figura 5.39: Distintos tipos de muestreo

Las indicaciones a seguir para ejecutar esta herramienta en el programa son las siguientes:

Modo Office Survey → Menú Herramientas → Muestreo

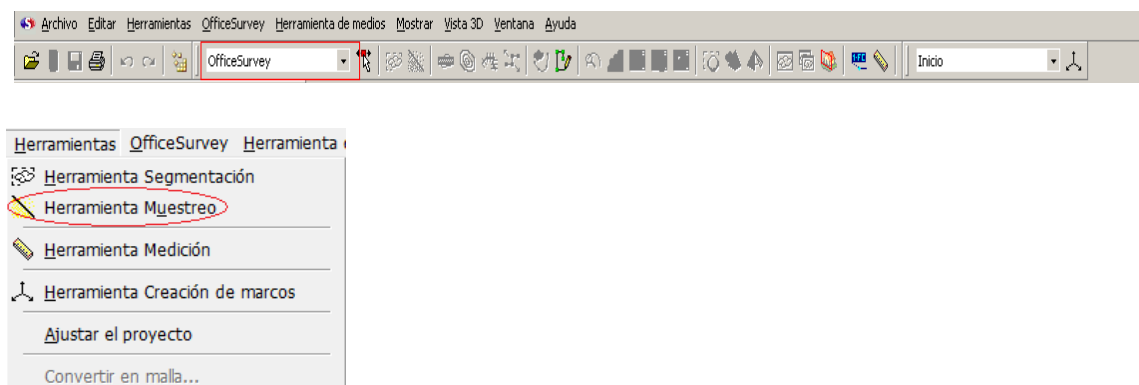


Figura 5.40 Menú de herramientas

Inmediatamente después, aparece en el árbol de trabajo la herramienta muestreo, el primer paso será seleccionar el tipo de muestreo, en este caso muestreo espacial y posteriormente se elige la resolución con la que se decide trabajar.

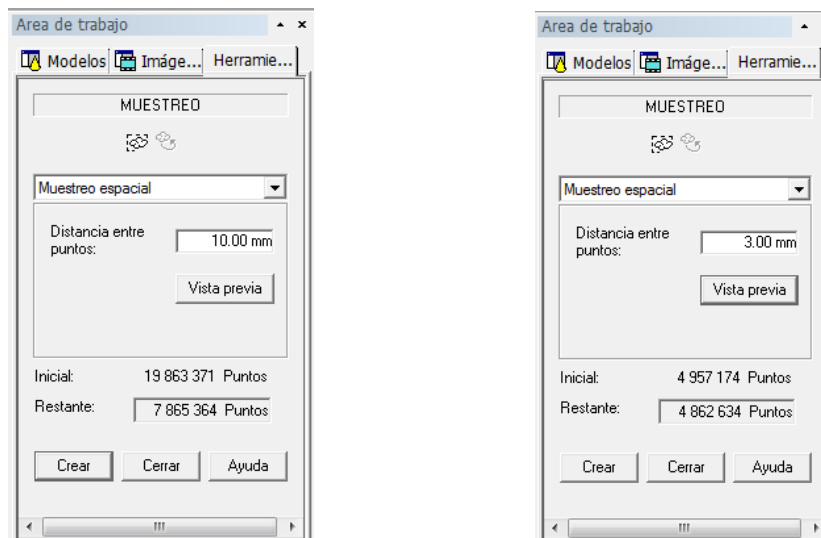


Figura 5.41: Desplegable con las distintas opciones de la herramienta muestreo

La herramienta permite una vista previa para ver el efecto que tiene el filtrado en la nube de puntos, si el resultado es el esperado, para crear la muestra es preciso pulsar el botón crear y por ultimo cerrar la herramienta. Finalmente se genera una nueva carpeta en la ventana **lista** con el resultado del muestreo.

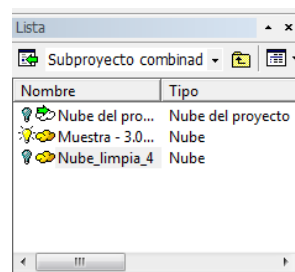


Figura 5.42: Creación de la nueva carpeta Muestreo en la ventana lista

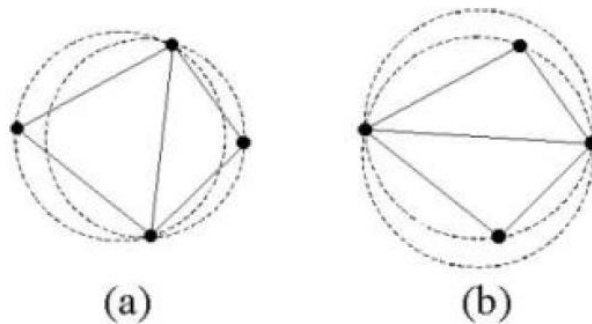
En este proyecto el muestreo que se ha realizado ha sido para obtener la siguiente resolución:

- Fachada central: 5 mm.
- Ventanas y puertas: 5 mm.
- Resto de fachada: 10 mm.
- Suelo: 10 mm.

5.8. CREACIÓN DE MALLAS

Se trata de la fase de mayor complejidad del proceso de tratamiento de datos, para ello el programa utilizado emplea algoritmos complejos para triangular de forma eficiente la nube de puntos en 3D. Es una tarea crítica y para llevarla a cabo es preciso realizar correctamente pasos previos como son la fase de segmentación y muestreo, ya que si esto no es así, la herramienta no funcionará o el resultado obtenido no será el esperado.

Existen diferentes algoritmos para crear mallas a partir de nubes de puntos, y las conexiones entre ellos se realizan normalmente mediante triángulos o cuadriláteros. La técnica de modelización con triángulos y tetraedros más popular es la del criterio de Delaunay, el cual establece que ningún punto puede estar contenido en la esfera circunscrita en cualquier tetraedro del modelo, que ilustrado en 2D aparece reflejado en la figura expuesta a continuación.



*Figura 5.43: Criterio de Delaunay: (a) Cumple criterio
(b) No cumple criterio*

Normalmente se suele optimizar la aplicación de este algoritmo utilizando triangulaciones según una proyección plana, esférica, cilíndrica etc... aunque para un caso general se deberá triangular sin utilizar ninguna proyección, esto dependerá del caso que nos ataña. A continuación veremos los distintos casos que se han presentado en este proyecto y veremos las soluciones empleadas.

En este proyecto se contaba con un monumento de tamaño considerable, el cuál contaba con nubes de varios millones de puntos, por ello se decidió realizar una serie de particiones de la fachada para poder llevar a cabo el proceso de una forma más fluida.

Tras esta aclaración, comenzaremos a ejecutar la herramienta de mallado, para la que seguiremos las siguientes indicaciones en el programa:

Modo Office Survey → Office Survey → Menú → Herramienta creación de mallas

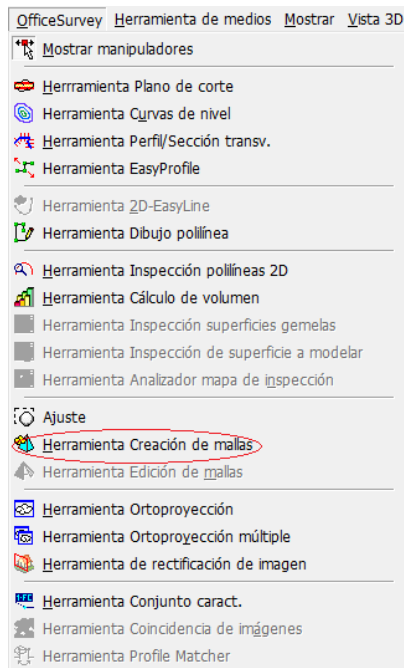


Figura 5.44: Menú de herramientas

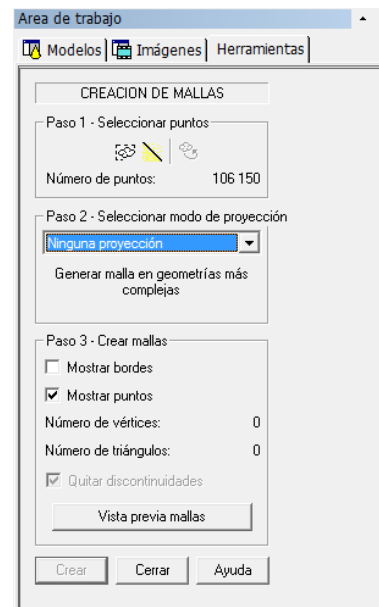


Figura 5.45: Herramienta creación de mallas

Al ejecutar la herramienta se carga una pestaña en la ventana del espacio de trabajo, y los pasos a seguir son los siguientes:

1. Se realiza una operación de muestreo, para el caso de la fachada se ha efectuado un muestro espacial de 30.00 milímetros, mientras que para los detalles se ha llevado a cabo un muestreo por escaneado, en el que se eliminan los puntos provenientes de los escaneados más desfavorable. Este paso es fundamental para la eliminación de ruido en el posterior mallado evitando así posibles futuros errores.
2. Se selecciona el modo de proyección, en este caso para la fachada se ha utilizado el caso normal ninguna proyección, mientras que para los detalles la opción más favorable era proyección vista pantalla.
3. Crear malla, para lo cual es recomendable quitar las discontinuidades, pues el modelo poliédrico resultante debe ser continuo y derivable.
4. Vista previa de la malla, no es más que una estimación numérica del mallado que se va a generar.

5. Por último se pulsa el botón de crear, para validar la malla o modelo poliédrico triangular calculado, y tras unos minutos se creará un objeto malla, que aparecerá representado en pantalla y con un icono en la ventana lista.

Para concluir con este apartado, mostraré alguno ejemplo de los mallados realizados:

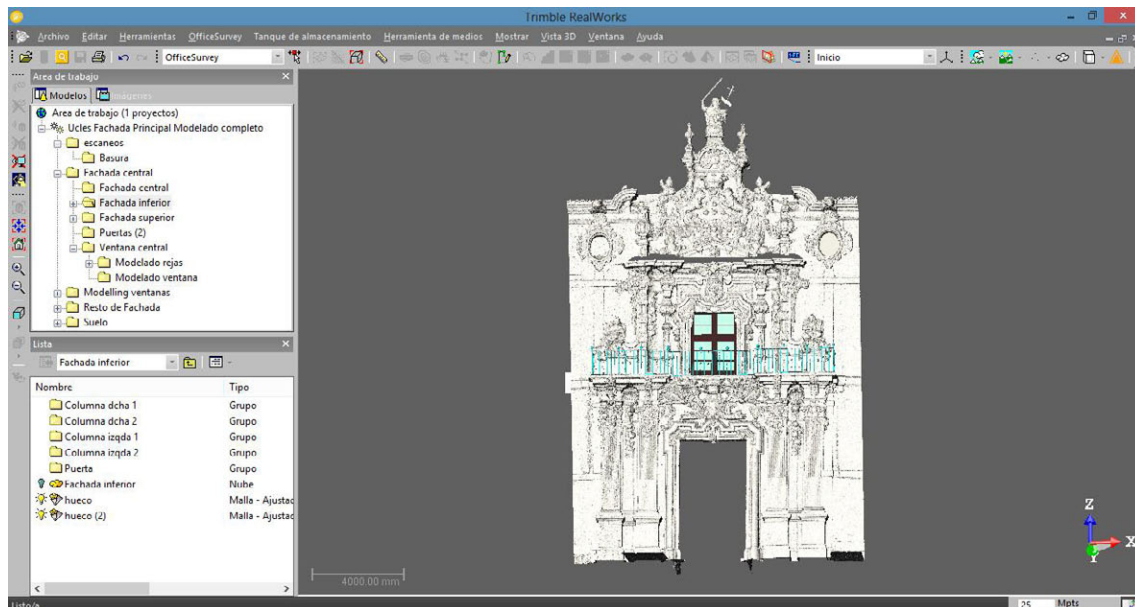


Figura 5.46: Malla fachada central

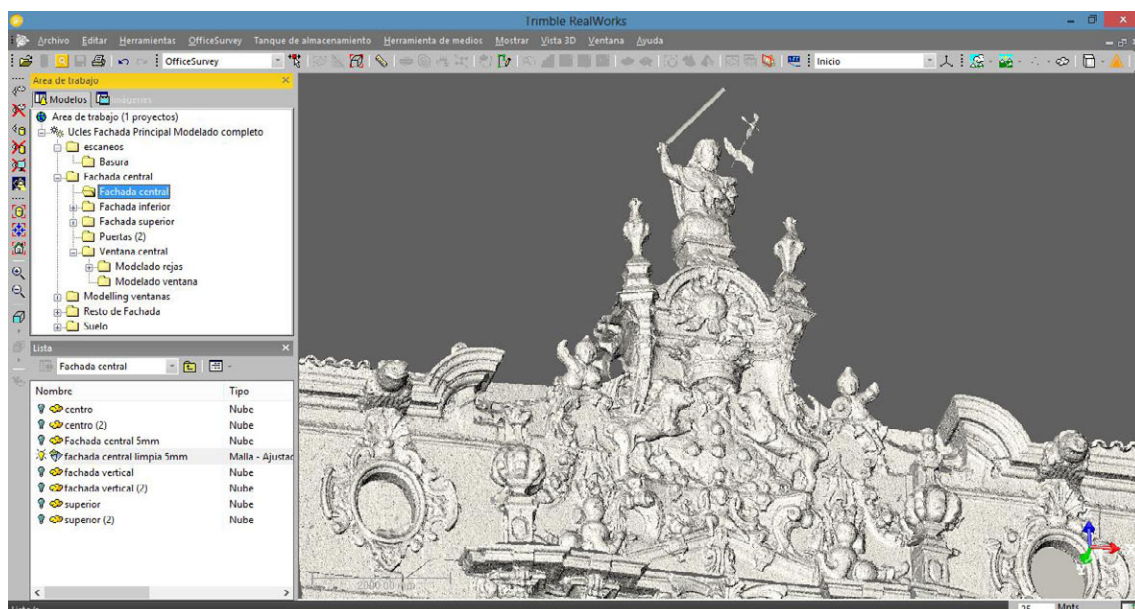


Figura 5.47: Malla detalle fachada central

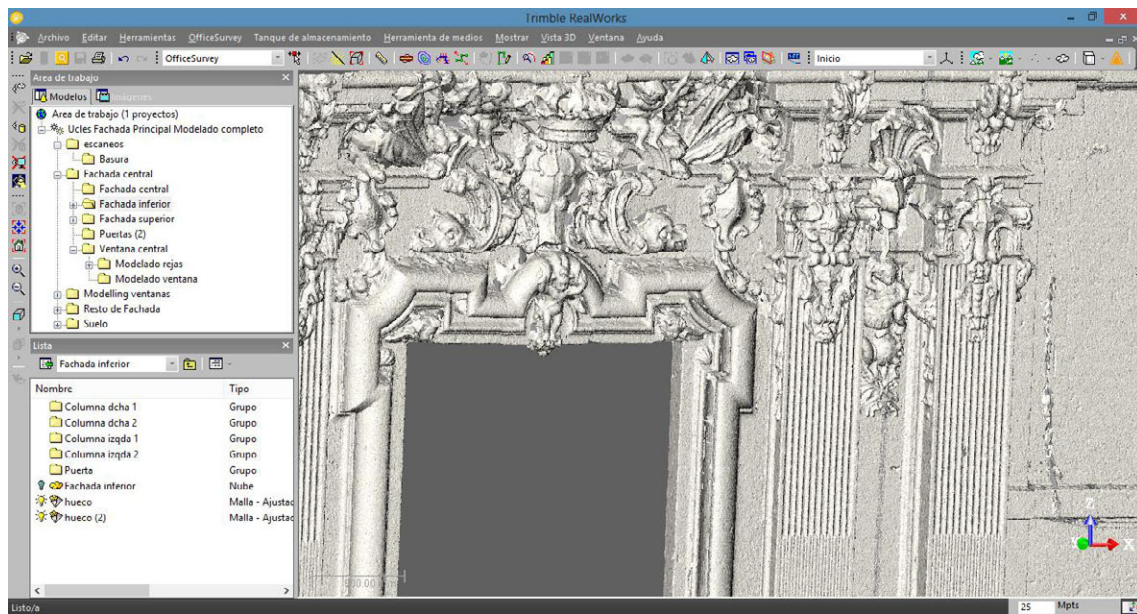


Figura 5.48: Malla detalle fachada central

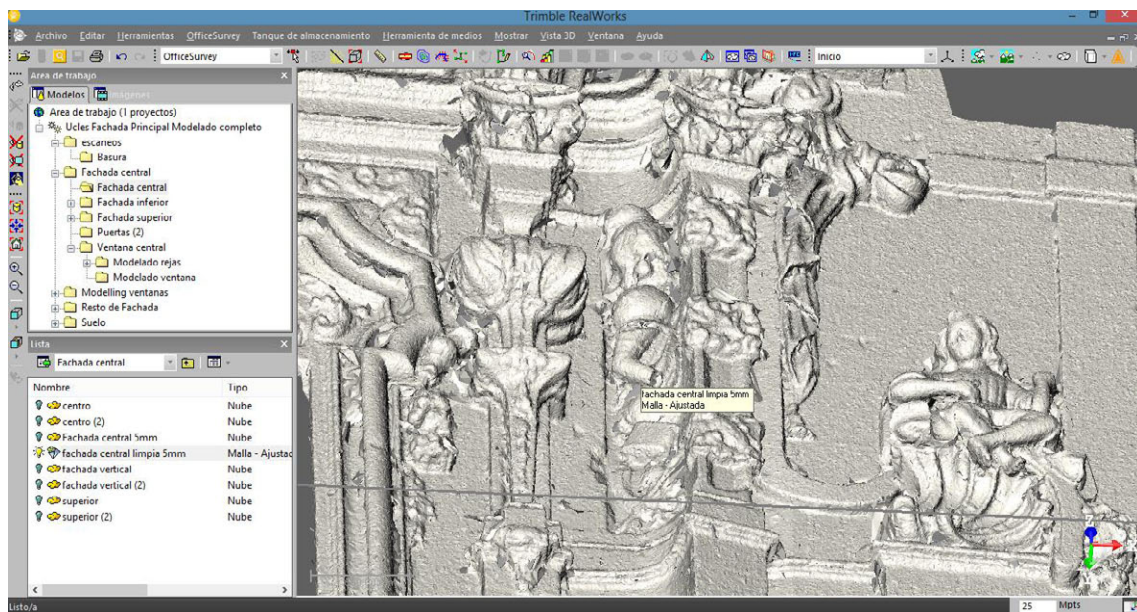


Figura 5.49: Malla detalle fachada central

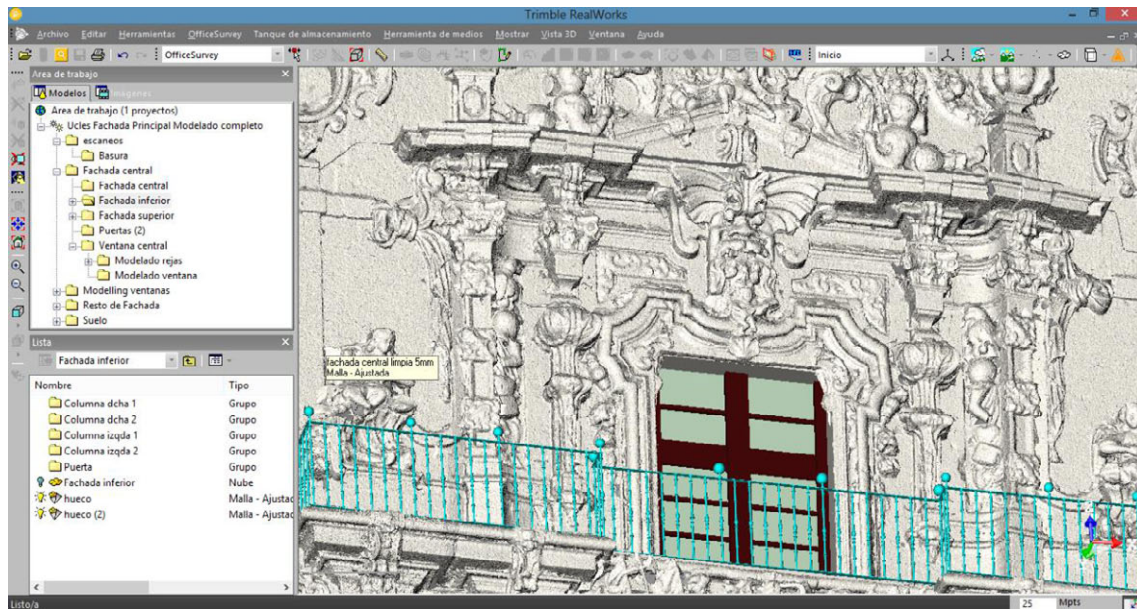


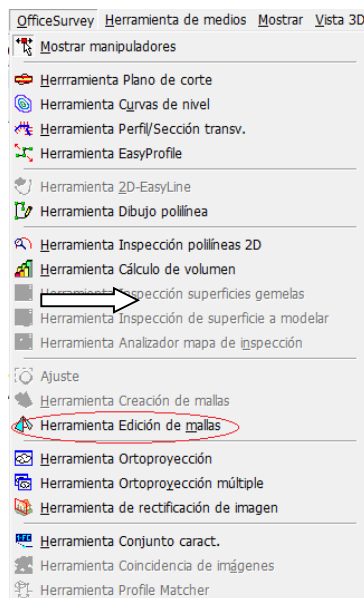
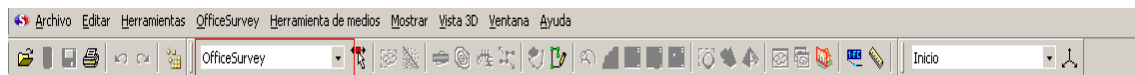
Figura 5.47: Malla detalle fachada central

5.9. EDICIÓN DE MALLAS

Se trata del paso posterior a la creación de mallas, es un proceso muy largo y laborioso, llevado a cabo para mejorar la continuidad y derivabilidad de las superficies generadas. Al finalizar dicho proceso, podremos unir nuevamente todas las divisiones efectuadas para finalmente ver en pantalla un único mallado del monumento.

Para ejecutar esta herramienta seguiremos las siguientes indicaciones en el programa:

Modo Office Survey → Office Survey → Menú → Herramienta edición de mallas



Figuras 5.48: Menú de herramientas

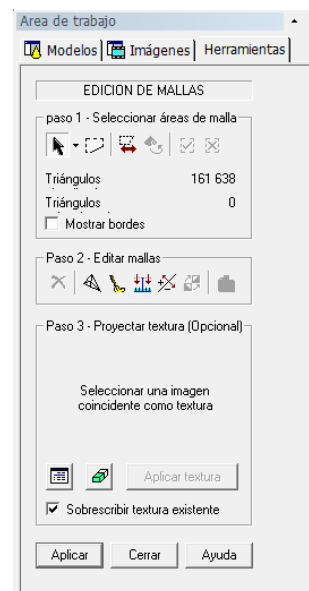
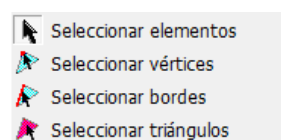


Figura 5.49: Herramienta edición de mallas

Los pasos que debemos seguir son los siguientes:

1. Seleccionar el área de la malla con la que queremos trabajar, pudiendo elegir distintos métodos según nos convenga. Podemos hacer selección por elementos, vértices, bordes, triángulos ó mediante la herramienta segmentación si se trata de superficies mayores.



- 2.** Seleccionar las distintas opciones que nos ofrece la herramienta.
 - Suavizado: Se recomienda pulsar 2 o 3 veces, pues mejora el aspecto visual de la superficie resultante.
 - Dividir triángulos: Se utiliza para mejorar la resolución del mallado por interpolación geométrica aumentando el número de triángulos.
 - Orientación de las normales: Un triángulo tiene una normal positiva hacia el exterior y negativa hacia el interior, por ello, orientando las normales de los triángulos se define la orientación tridimensional del mismo. Esta opción resulta imprescindible ya que como veremos a continuación hay ocasiones en las que los triángulos se encuentran invertidos.
 - Eliminación de crestas: Debido a la excesiva existencia de puntos, pueden generarse crestas que enturbien el modelo, por ello será fundamental eliminarlas mediante esta herramienta. A continuación también veremos algún ejemplo.
- 3.** Proyección de textura: Para la asignación de textura dedicaremos un apartado entero posteriormente.
- 4.** Finalmente pulsaremos aplicar y cerrar.

Vemos distintos ejemplos de inversión de las normales de los triángulos:

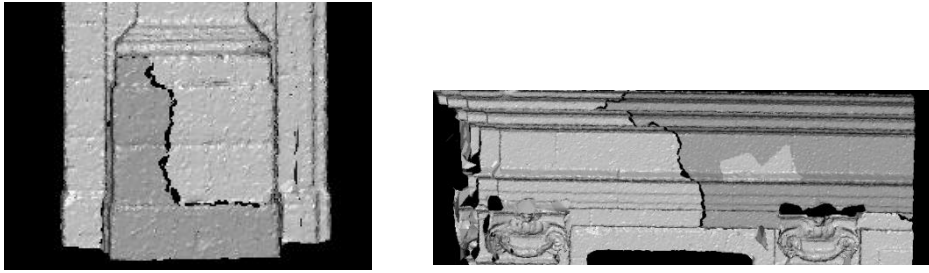


Figura 5.50, 5.51: Distintos ejemplos inversión de triángulos

Vemos distintos ejemplos de eliminación de crestas:

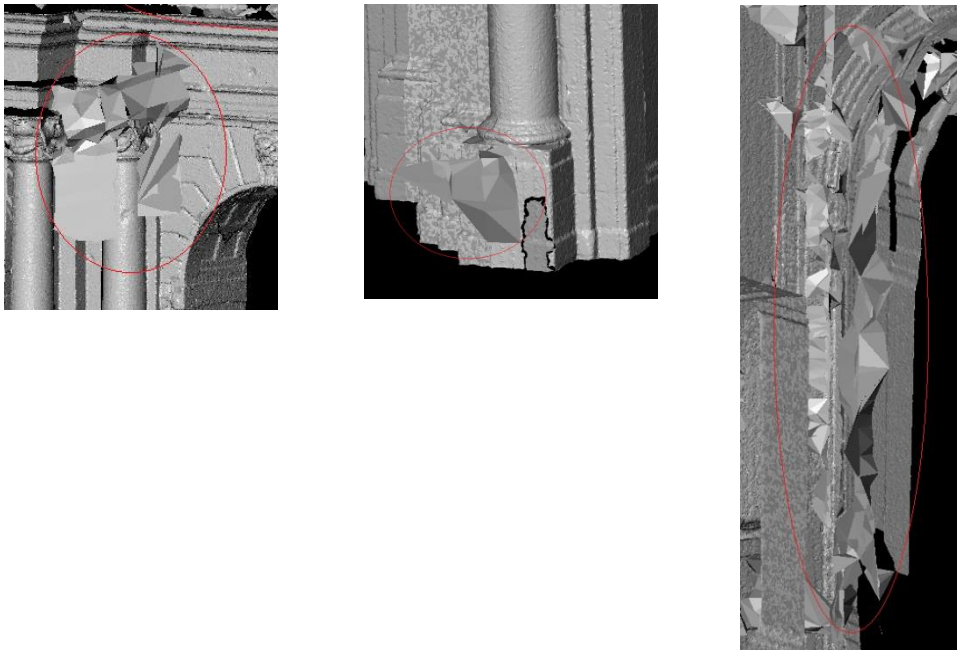


Figura 5.52, 5.53, 5.54: Distintos ejemplos eliminación de crestas

5.10. MODELADO DE LA NUBE DE PUNTOS

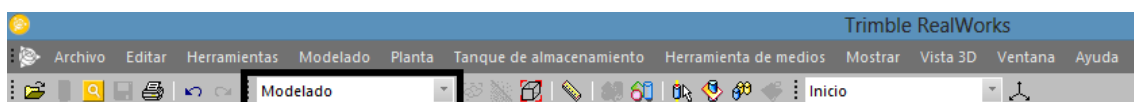
El modelado consiste en la creación de figuras geométricas que se adapten a la nube de puntos. Esta técnica la vamos a emplear para las verjas, barrotes de los balcones, cristales y los marcos de las ventanas y puertas. Las posibilidades que da el programa TRW es la creación de cubos, esferas, trapecio, conos, planos y cilindros. Con la combinación de todos ellos vamos obteniendo el modelo final.

Las geometrías que se han creado en este proyecto han utilizado los siguientes parámetros:

- Planos:
 - Plano perpendicular al eje X, al eje Y y al eje Z, asignando un punto de la nube de puntos.
 - Plano definido por tres puntos de la nube de puntos.
- Esfera
 - Dos puntos de la nube que definen el diámetro de la esfera.
- Cilindro
 - Mediante tres puntos de la nube de puntos. El primero y el segundo definen la altura del cilindro y el tercero el radio de las bases.
- Cono regular.
 - Mediante tres puntos de la nube de puntos. El primero define la base del cono, el segundo la altura y el tercero el radio de la base.
- Cubo
 - Proyección en un plano.
 - Mediante tres puntos. Cada punto define una esquina del cubo.

Para ejecutar esta herramienta seguiremos las siguientes indicaciones en el programa:

Modo Modelado → Modelado → Menú → Herramienta creación de geometría



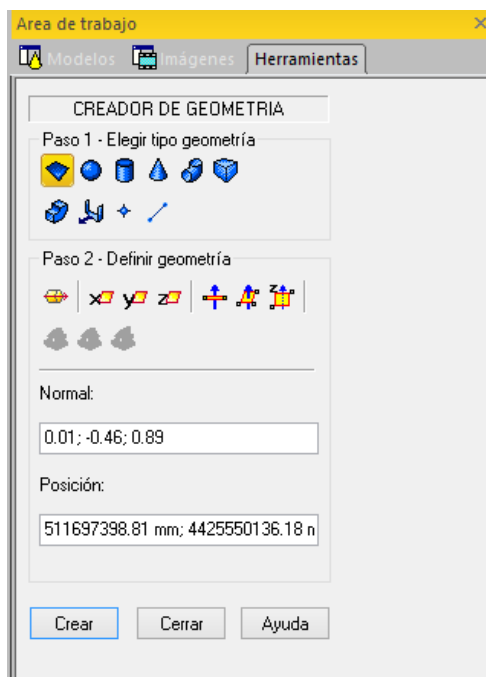


Figura 5.55: Herramienta creación de geometría

Para obtener el modelo de las ventanas y puertas, se segmenta cada ventana y puerta en diferentes elementos para facilitar la eliminación de puntos erróneos de la nube y la creación, limpieza y edición de la triangulación y modelado.

Veamos ejemplos de detalles modelados:

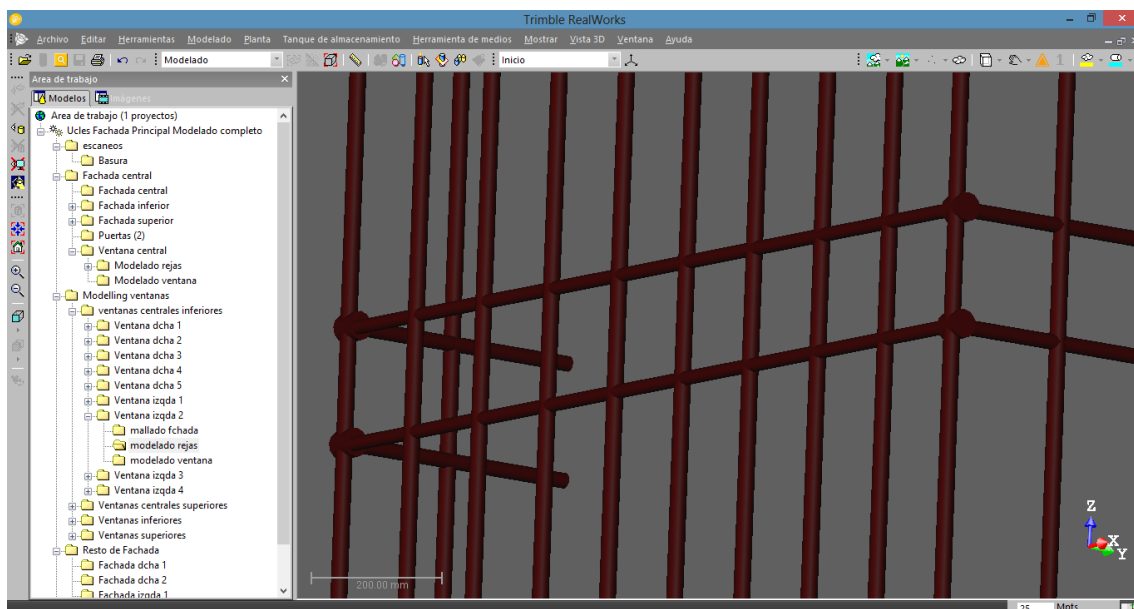


Figura 5.56: Modelado detalle de rejás

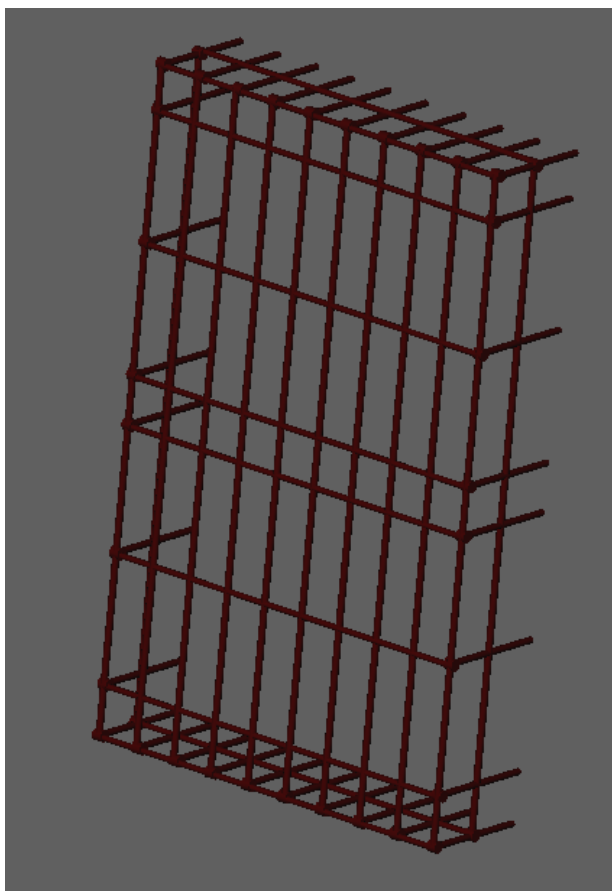


Figura 5.57: Modelado de rejillas

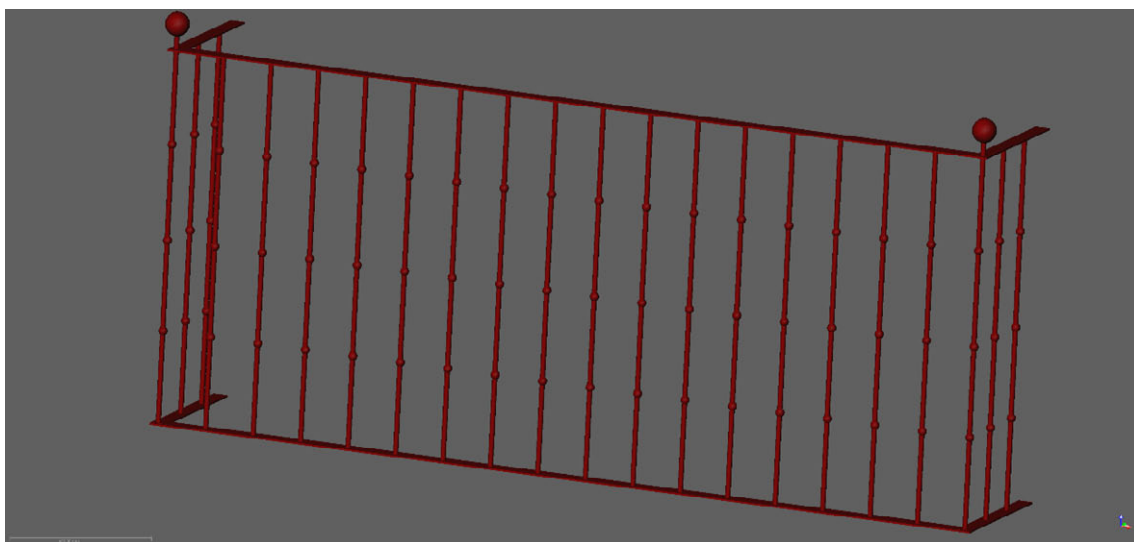


Figura 5.58: Modelado de barandilla



Figura 5.59: Modelado detalle de barandilla

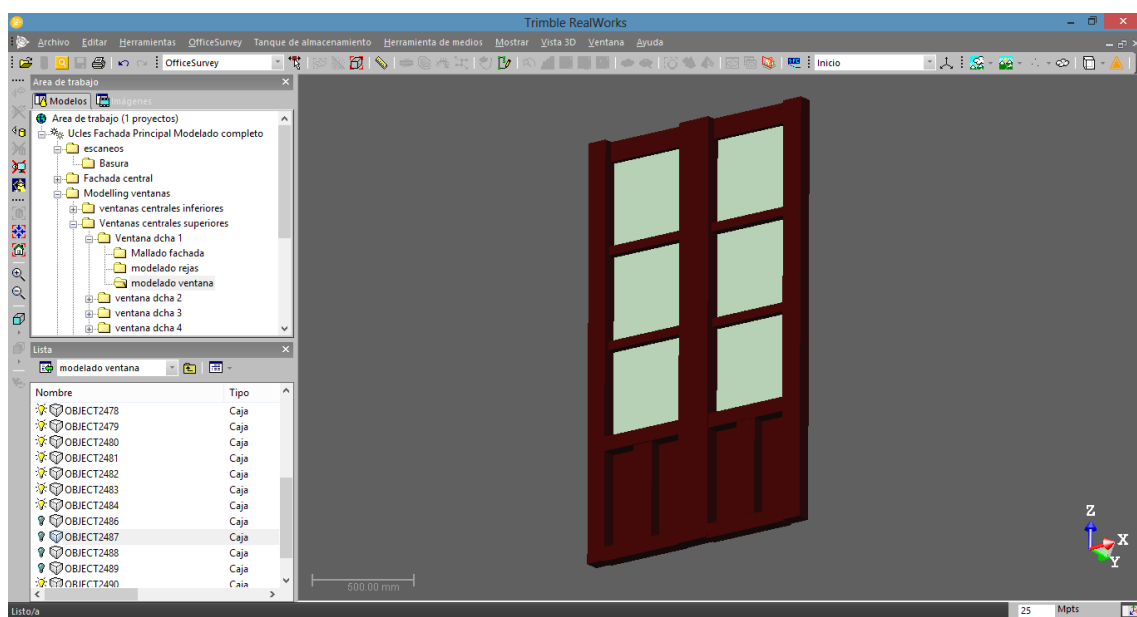


Figura 5.60: Modelado de ventana

Para la obtención del modelo 3D de las ventanas y puertas vamos a emplear las dos técnicas explicadas, creación de mallas y modelado.

Vemos distintos ejemplos de ventanas una vez creada la malla y modeladas:

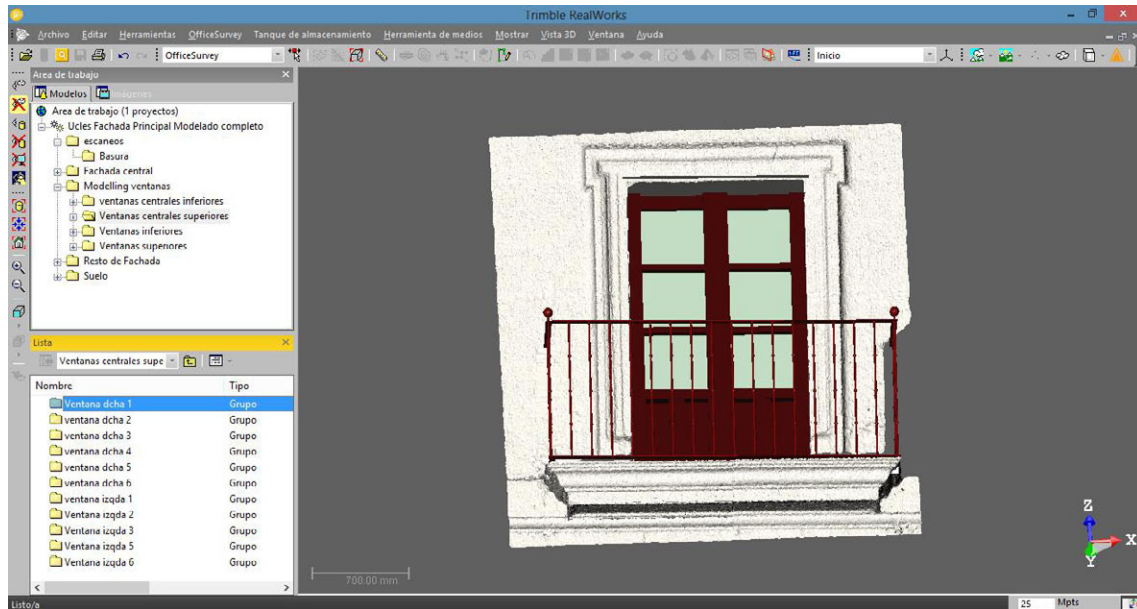


Figura 5.61: Modelado de ventana tipo I

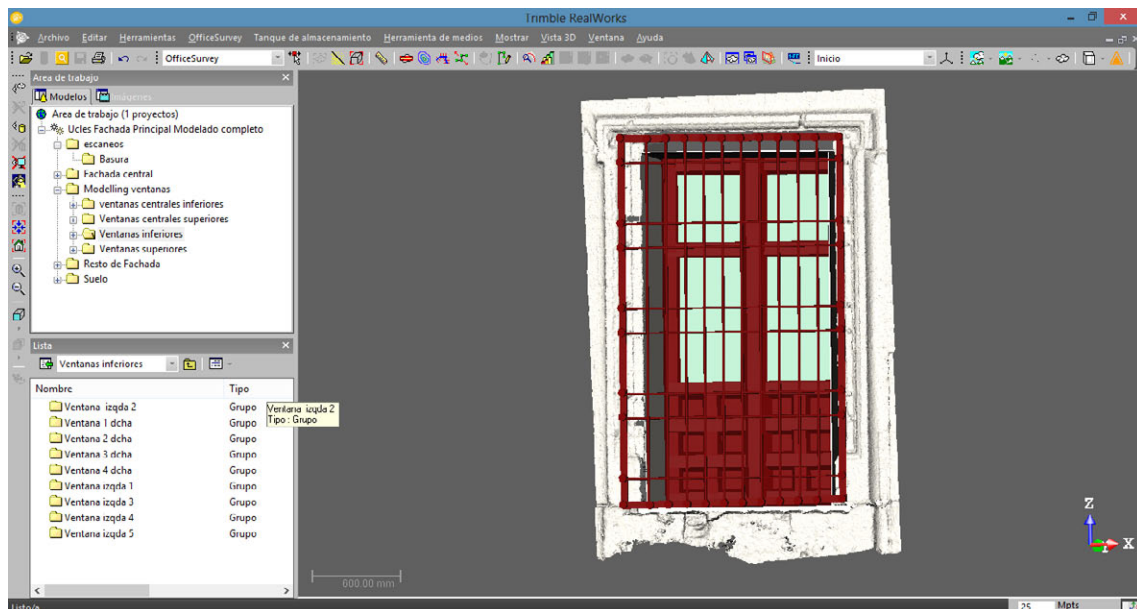


Figura 5.62: Modelado de ventana tipo II

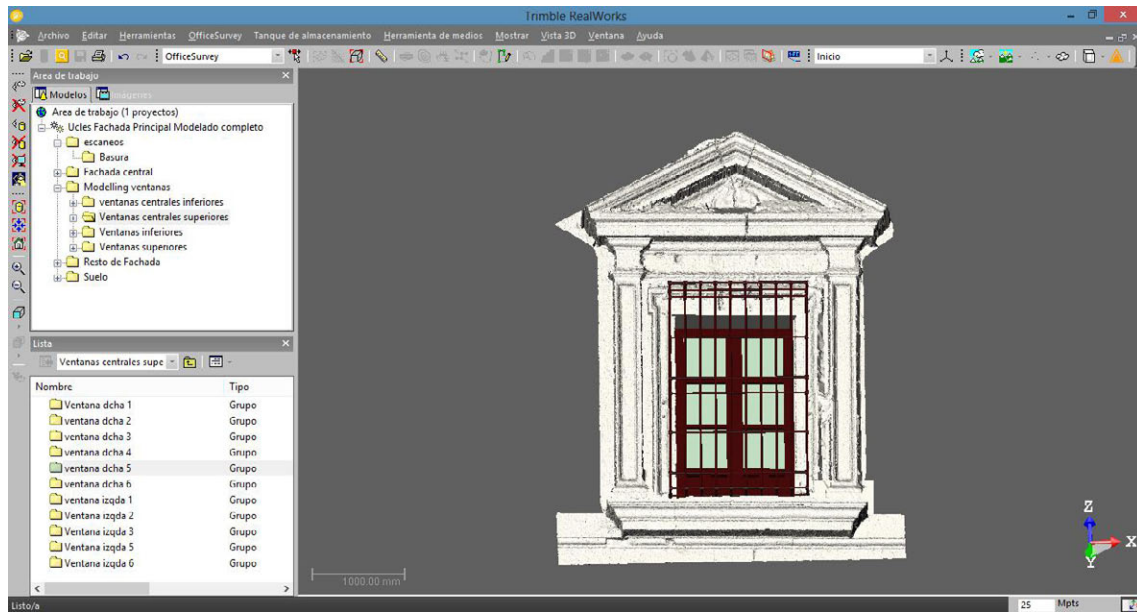


Figura 5.63: Modelado de ventana tipo III

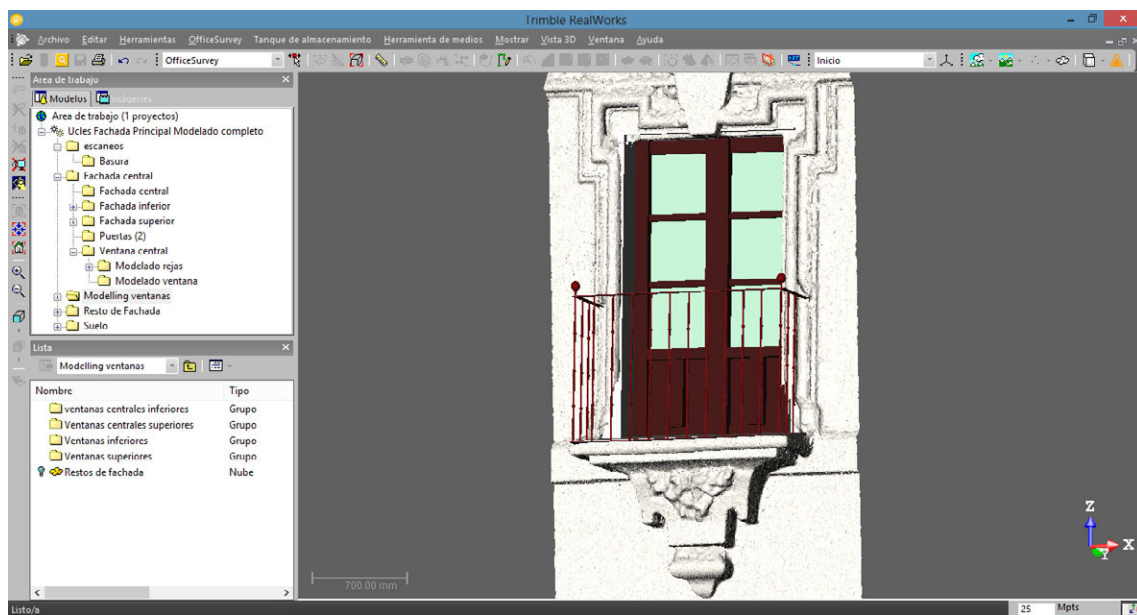


Figura 5.64: Modelado de ventana tipo III

5.11. TRATAMIENTO DE HUECOS

Una vez modelada la malla, el siguiente paso es el tratamiento de todos los huecos generados como consecuencia de la insuficiencia de puntos, no son más que zonas que no han podido ser tomadas por el escáner por diferentes motivos, en definitiva zonas ocultas no escaneadas.

En los últimos años se han desarrollado numerosos algoritmos para eliminar estos vacíos. Estos algoritmos utilizan la interpolación para maquillar la falta de información, sin embargo hoy en día la forma más exacta de corregir estos agujeros es un metodología manual, que requiere de tiempo y esfuerzo. A pesar de tener la malla previamente dividida, se trata de un proceso muy lento y laborioso, ya que se maneja información muy pesada y para obtener un buen resultado hay que trabajar de forma minuciosa.

A continuación mostraré algunos ejemplos de vacíos generados en las diversas mallas:

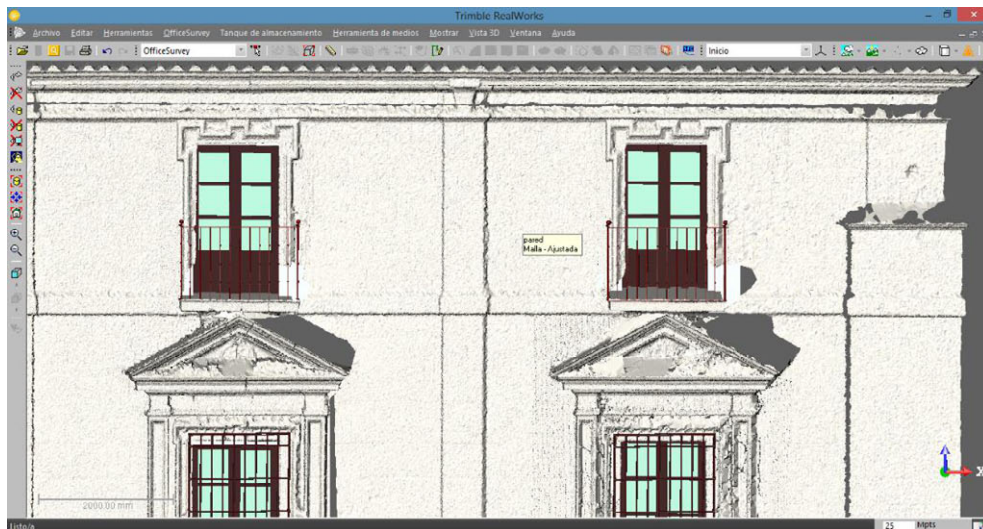


Figura 5.65: Detalle de fachada con huecos

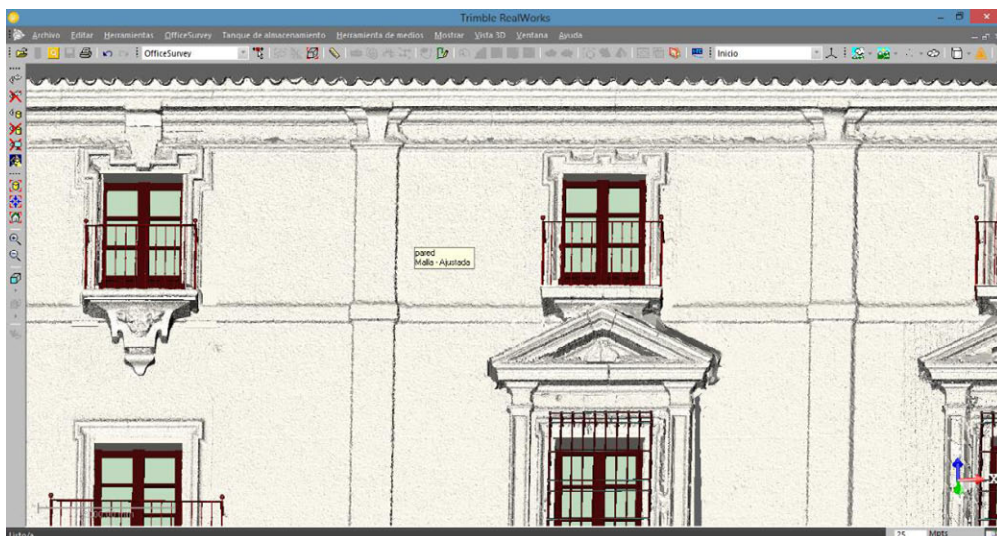


Figura 5.66: Detalle de fachada sin huecos

Como ya he mencionado este proceso se realiza de forma manual desde el módulo de trabajo OfficeSurvey, y la secuencia de pasos a seguir es la siguiente:



1. Se activa la nube de puntos en la pantalla.
2. Mediante la herramienta muestreo y la herramienta segmentación se selecciona los puntos del contorno del hueco que nos interese tapar.
3. Una vez definido el contorno de puntos del hueco se crea una malla con ellos.
4. En este caso se utiliza vista pantalla o ninguna proyección, en función del número de puntos con el que se cuente.
5. Una vez creada la malla la editaremos, ya que en la mayoría de los casos se seleccionan puntos innecesarios.
6. Repetiremos el proceso con cada uno de los huecos, teniendo en cuenta que las nuevas mallas creadas se ubicarán en sus posiciones debido a que el trabajo ya está geo-referenciado.

A continuación se muestra un ejemplo visual:

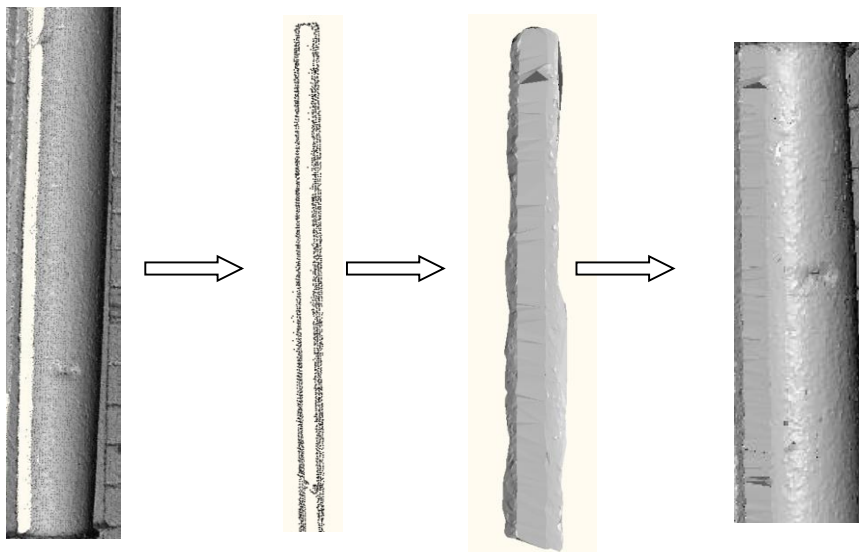


Figura 5.67: Proceso de eliminación de huecos

Por último mostraremos las mallas de ambas fachadas ya tratadas de huecos y vacíos.

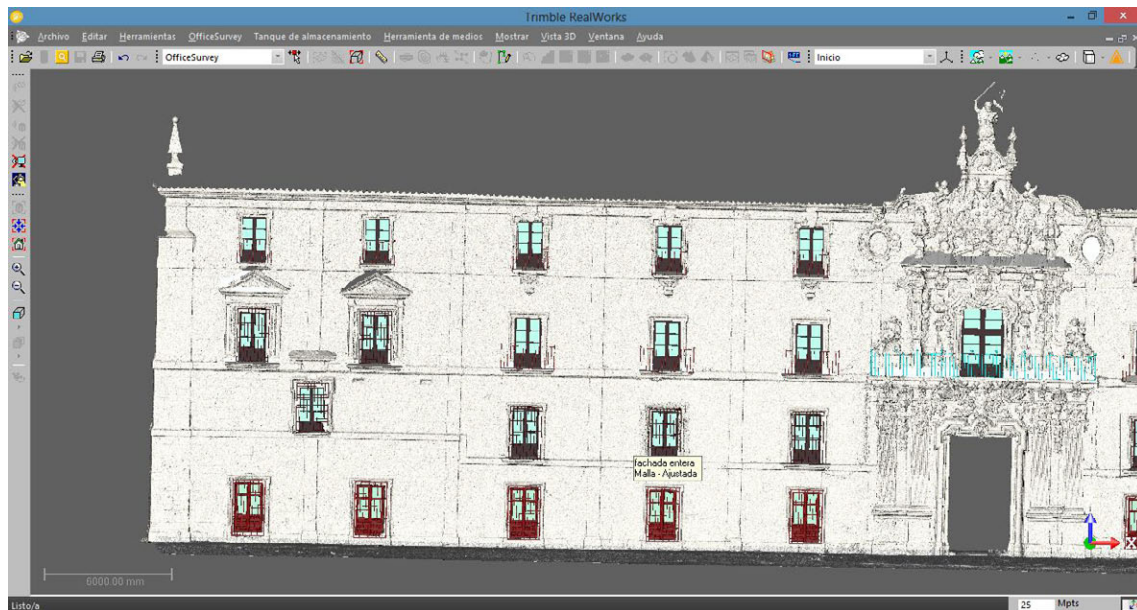


Figura 5.68: Malla fachada Este totalmente editada

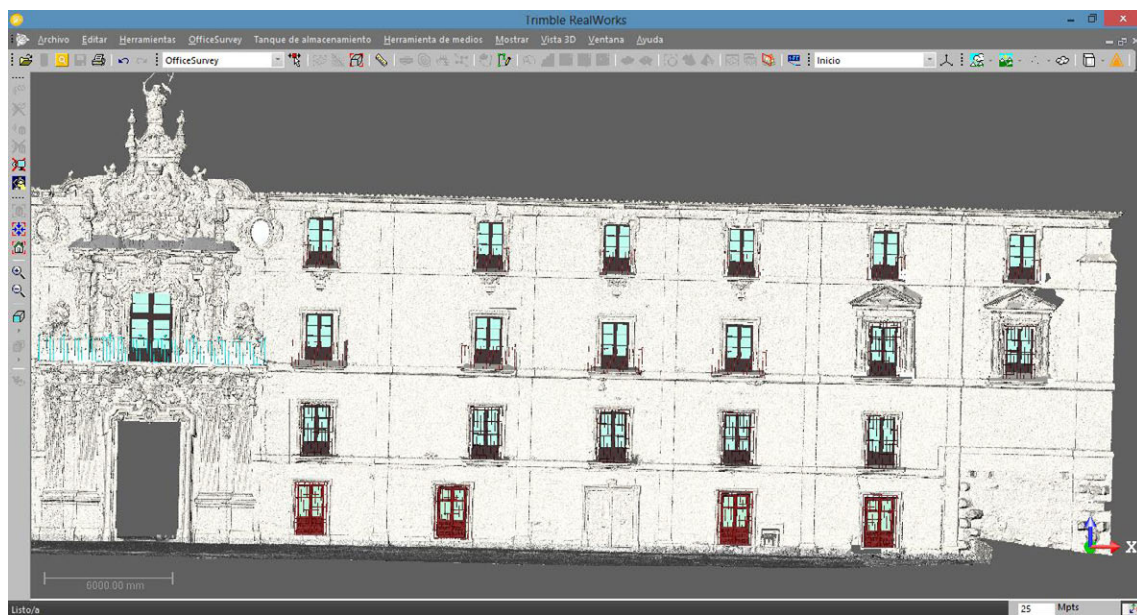


Figura 5.69: Malla fachada Oeste totalmente editada

5.12. ASIGNACIÓN DE TEXTURAS

La asignación de textura es el proceso mediante el cual conseguiremos un modelo foto-realista, para ello importaremos una imagen en formato digital al programa que estamos utilizando, ya que generalmente la resolución de la imagen 2D a color que genera un barredor láser no garantiza la creación de una textura óptima.

El paso previo será incorporar las fotografías necesarias, para ello las copiaremos dentro de la carpeta del trabajo y desde el propio programa las importaremos, y automáticamente aparecerán en la ventana lista, siempre y cuando hayamos pulsado previamente la pestaña imágenes.

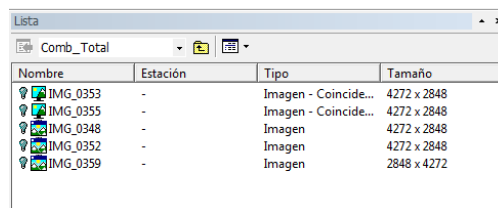
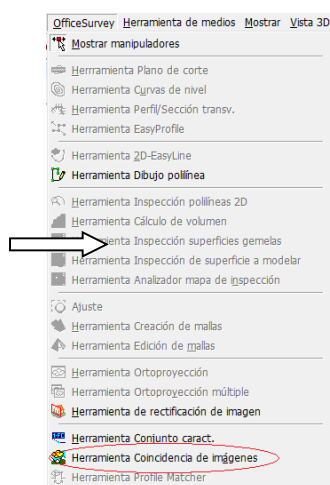


Figura 5.70: Ventana lista de almacenamiento de imágenes

Una vez realizado este paso previo, tendremos que georreferenciar las imágenes, para ello ejecutaremos la herramienta siguiendo la siguiente secuencia en el programa:

Modo Office Survey → Office Survey → Menú → Herramienta coincidencia de imágenes



Figuras 5.71: Menú de herramientas

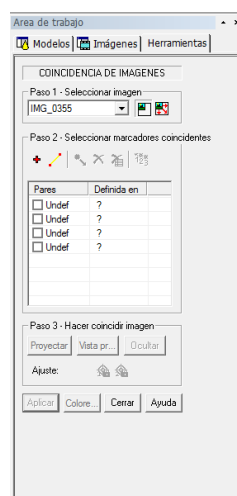
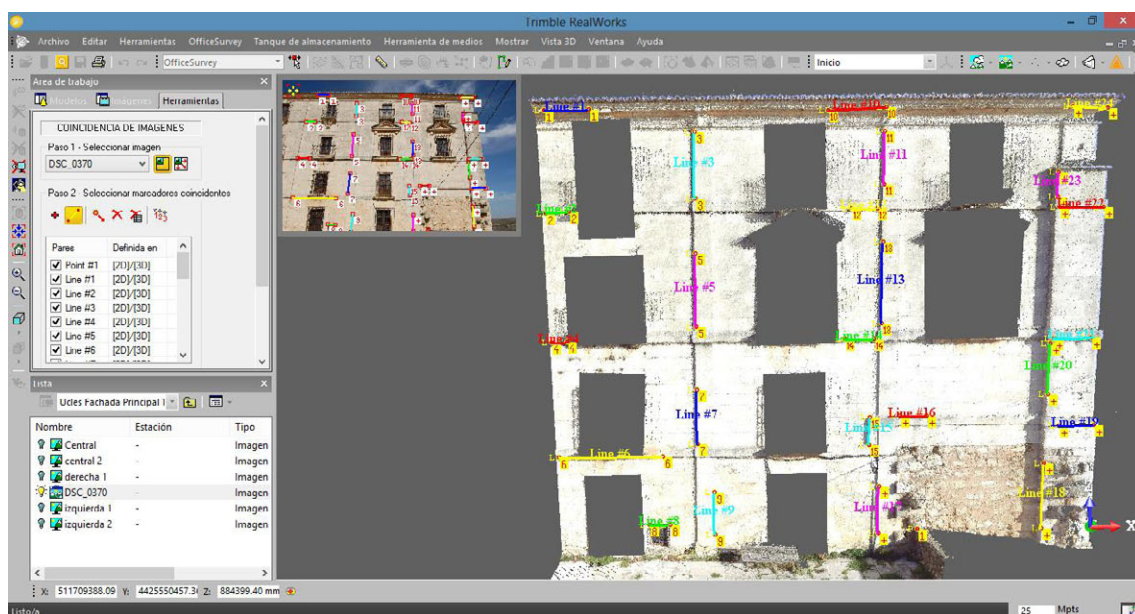


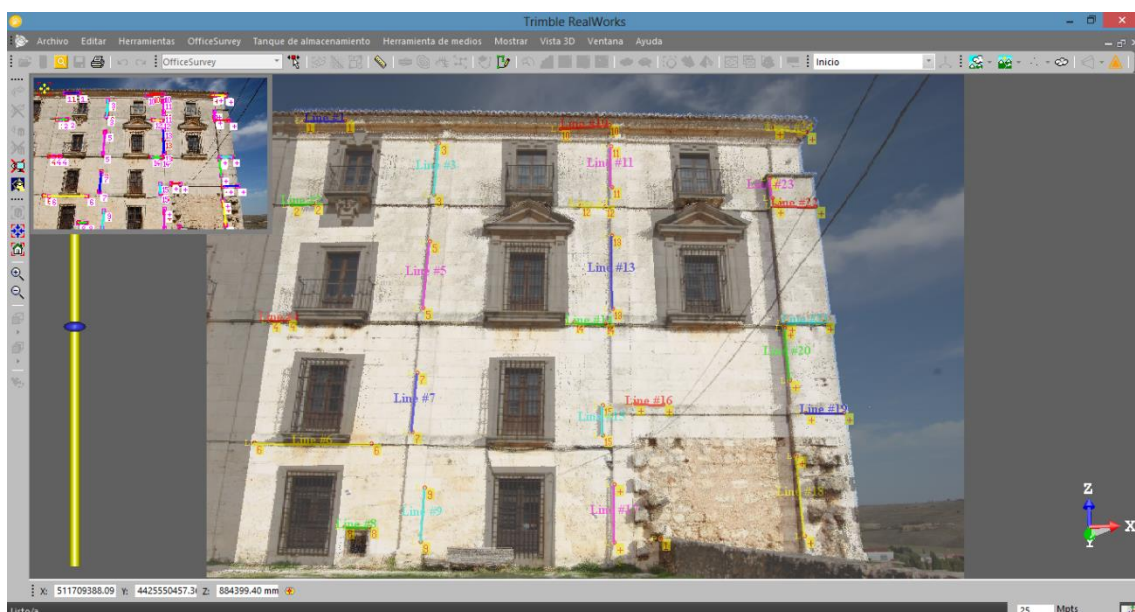
Figura 5.72: Herramienta coincidencia de imágenes

En este momento se realiza la coincidencia de la imagen con la malla mediante una sucesión de puntos y líneas homólogas, bastará con pulsar dichos puntos o líneas sobre la imagen y sobre la malla, el programa exige dar un mínimo de cuatro puntos, pero bien es cierto que cuantos más puntos se den mayor será la precisión. En este proceso se debe tener cuidado pues la herramienta acopla una imagen 2D a un cuerpo geométrico en 3D, lo que conlleva inevitables deformaciones geométricas de la imagen, por ello, para minimizar dichas deformaciones, se deben identificar puntos en la imagen y el modelo de tal manera que se cumplan ciertas constricciones geométricas, como por ejemplo que estén contenidos en una línea, así como ciertas condiciones de contorno. Se debe dar puntos de forma homogénea por toda el área de coincidencia entre modelo e imagen para que las distorsiones se distribuyan homogéneamente.

A continuación se muestra un ejemplo gráfico de este proceso:



Figuras 5.73: Ejemplo de georreferenciación de imágenes

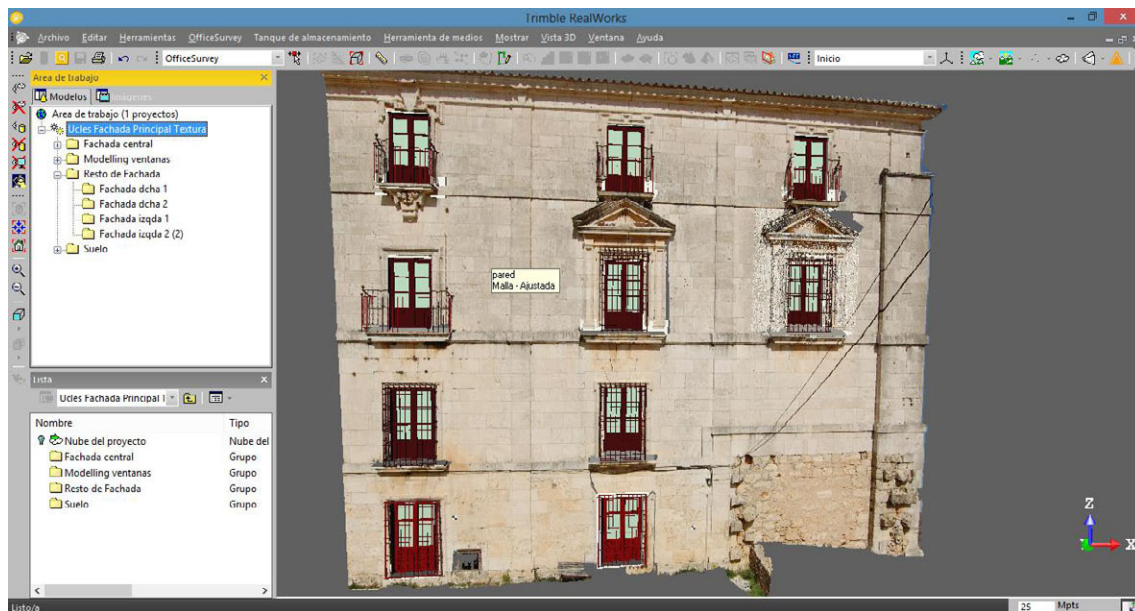


Figuras 5.74: Ejemplo georreferenciación de imágenes

Hasta ahora, lo único que se ha realizado es la georreferenciación de las imágenes que a continuación se usarán para dar textura al modelo, por ello, el siguiente paso será editar la malla una última vez para la asignación de textura, para ello se selecciona la malla y dentro de la herramienta edición de malla, pulsando la opción textura se podrá elegir la imagen ya georreferenciada que se usará como textura.



Figura 5.75: Herramienta aplicación de textura



Figuras 5.76: Ejemplo malla con textura

La siguiente imagen muestra el modelo final:



Figuras 5.76: Modelo con textura

Las imágenes que se han utilizado para proporcionar textura al modelo, en el momento de la toma las condiciones de luz eran diferentes, que se refleja en el modelo final. En el caso de este proyecto las diferencias no son muy notables ya que las fotos se realizaron el mismo día y en muy poco intervalo de tiempo aún así, para poder obtener una textura homogénea en todo el modelo se utiliza la herramienta ecualización luminancia y ecualización color.

Menú → Editar → Ecualización luminancia

Menú → Editar → Ecualización color

La siguiente imagen muestra el resultado después de haber aplicado las correcciones:



Figuras 5.78: Modelo con textura y ecualizado

Es en este momento el modelo ya está totalmente generado y editado, preparado para obtener los productos finales que se verá en el siguiente capítulo.

6. ESTUDIO DE PRECISIONES

6.1. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

Para comprobar la calidad del resultado final, se debe calcular el error que tienen los puntos que forman la modelización. Para hallar este error es necesario conocer los errores cometidos en los distintos pasos de creación del modelo y su acumulación en el resultado final.

Para estimar la precisión final de los puntos contenidos en la nube global, se analizarán todos los factores que pueden influir en la posición de los mismos, distinguiendo entre los que afectan a la precisión relativa y a la precisión absoluta del modelo. Los factores a tener en cuenta son los siguientes:

- Error cometido en el levantamiento con el láser escáner.
 - Error cometido en la radiación de puntos con el escáner
 - Error cometido en el escaneado de las esferas o de las placas de puntería.
 - Error cometido en la fusión de todos los escaneados.
- Error cometido en la georreferenciación del sistema.
 - Error cometido en las coordenadas geográficas de la base GPS de referencia.
 - Error cometido en la medición y el cálculo de las coordenadas en el sistema ETRS89 UTM Huso 30 de las bases GPS.

Como no se disponen de puntos exentos de error con los que comprobar la exactitud, la precisión final se ha obtenido como la composición cuadrática de la desviación estándar obtenida en cada proceso, siendo los errores cometidos en cada proceso los que se indican a continuación.

1. Precisión relativa:

- Error en la medida directa del láser escáner: Este error se refiere a la propia incertidumbre del equipo a la hora de hacer la toma de datos, y viene especificada en las características técnicas del instrumento. Según los datos técnicos del equipo TX5 de la casa Trimble, el error cometido por el equipo láser escáner en la captura de la nube de puntos, se obtendrá realizando la componente cuadrática de los siguientes parámetros:
 - Error de linealidad hasta 25 m: ≤ 2 mm.
 - Siendo la reflectividad del 20% rango de ruido a menos de 20 m: 0.9mm.
 - Precisión vertical y horizontal: 0.009 °.
Puesto que $360^\circ = 2\pi R$, donde $R=4$, obtenemos un error angular por debajo del milímetro, por lo que lo podemos omitir.

Obtenemos que la precisión del punto radiado con el equipo láser escáner es:

$$\sqrt{(2^2 + 0.9^2)} = 2.19mm$$

- El error cometido en la captura o escaneado de las dianas, se indica en un informe proporcionado directamente por el programa RealWorks. En él se obtienen los siguientes resultados:

Registration Report (Target-Based) Report by station

User Name: Rubén Burón
Date: Sun Oct 19 19:49:10 2014
Project Name: Ucles Fachada Principal Registro Finalizado
Linear Measurement Units: Millimeters
Coordinates System: X, Y, Z

16 STATION(S) - Mean Distance: 1.76 Max Distance: 2.76
24 TARGET(S) - Mean Distance: 1.81 Max Distance: 4.25

Nuevo_iber.1.1.1_Scan_001 - 8 Scanned Objects - Mean Distance: 1.96

Object Name	Corresponding Target	Scan Per Target	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
M	021	4	1.91 mm	-1.29 mm	-0.11 mm	1.41 mm	0.34 mm	13288.79 mm
30000	036	4	1.39 mm	-0.68 mm	-1.08 mm	-0.54 mm	0.81 mm	10911.81 mm
B	037	3	3.22 mm	1.14 mm	2.52 mm	-1.66 mm	1.11 mm	19042.87 mm
10000	046	2	0.92 mm	-0.28 mm	0.73 mm	0.47 mm	0.56 mm	13103.82 mm
40000	025	6	1.60 mm	0.47 mm	-1.50 mm	0.31 mm	1.07 mm	18927.33 mm
C	035	2	2.70 mm	1.11 mm	2.37 mm	-0.67 mm	1.65 mm	20598.01 mm
D	--	--	--	--	--	--	16.33 mm	22683.82 mm
E	--	--	--	--	--	--	1.86 mm	25477.58 mm

Nuevo_iber.1.1.1_Scan_002 - 5 Scanned Objects - Mean Distance: 0.86

Object Name	Corresponding Target	Scan Per Target	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
B	037	3	1.19 mm	-0.61 mm	0.77 mm	0.68 mm	0.94 mm	7719.57 mm
30000	036	4	0.47 mm	0.31 mm	-0.21 mm	-0.28 mm	0.50 mm	4799.51 mm
10000	046	2	0.92 mm	0.28 mm	-0.73 mm	-0.47 mm	1.42 mm	12304.07 mm
A	--	--	--	--	--	--	1.57 mm	7371.73 mm
M	--	--	--	--	--	--	1.35 mm	26690.39 mm

Nuevo_iber.1.1.1_Scan_003 - 8 Scanned Objects - Mean Distance: 2.44

Object Name	Corresponding Target	Scan Per Target	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
M	021	4	1.15 mm	1.12 mm	-0.12 mm	-0.26 mm	1.17 mm	22330.51 mm
N	020	6	2.29 mm	-2.19 mm	-0.30 mm	0.60 mm	0.93 mm	26489.78 mm
D	024	3	1.94 mm	0.25 mm	-1.25 mm	-1.46 mm	0.69 mm	8332.39 mm
E	023	5	2.58 mm	1.57 mm	0.96 mm	-1.81 mm	0.89 mm	10719.61 mm
40000	025	6	1.72 mm	1.41 mm	0.31 mm	0.93 mm	0.82 mm	17951.66 mm
C	035	2	2.70 mm	-1.11 mm	-2.37 mm	0.67 mm	0.92 mm	8151.12 mm
30000	036	4	3.69 mm	-1.14 mm	3.50 mm	0.25 mm	0.96 mm	17087.46 mm
B	037	3	3.47 mm	-0.53 mm	-3.29 mm	0.97 mm	19.83 mm	13169.19 mm

Nuevo_iber.1.1.1_Scan_004 - 9 Scanned Objects - Mean Distance: 1.83

Object Name	Corresponding Target	Scan Per Target	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
M	021	4	1.45 mm	0.92 mm	0.94 mm	-0.61 mm	0.42 mm	14021.34 mm
N	020	6	1.59 mm	0.24 mm	0.10 mm	-1.57 mm	0.39 mm	13494.51 mm
E	023	5	0.73 mm	-0.04 mm	0.25 mm	-0.68 mm	1.25 mm	19409.72 mm
C	--	--	--	--	--	--	2.07 mm	21241.49 mm
D	024	3	0.63 mm	0.38 mm	0.50 mm	0.02 mm	2.44 mm	19857.11 mm
F	022	6	3.02 mm	-2.00 mm	-2.26 mm	0.05 mm	10.46 mm	20901.12 mm
G	026	9	2.98 mm	-0.78 mm	2.27 mm	1.77 mm	6.75 mm	24863.21 mm
30000	036	4	2.73 mm	1.51 mm	-2.21 mm	0.56 mm	10.32 mm	25012.27 mm
40000	025	6	1.53 mm	1.14 mm	-0.85 mm	-0.54 mm	42.86 mm	4651.18 mm

Nuevo_iber.1.1.1_Scan_005 - 8 Scanned Objects - Mean Distance: 1.81

Object Name	Corresponding Target	Scan Per Target	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
N	020	6	2.02 mm	-1.16 mm	-1.00 mm	1.32 mm	0.78 mm	21325.62 mm
V	027	4	2.38 mm	2.09 mm	1.04 mm	-0.47 mm	0.54 mm	13577.20 mm
M	021	4	1.16 mm	-0.75 mm	-0.70 mm	-0.54 mm	0.78 mm	25599.10 mm
F	022	6	0.99 mm	-0.77 mm	-0.11 mm	0.62 mm	1.07 mm	9124.96 mm
E	023	5	1.42 mm	0.51 mm	-0.26 mm	1.30 mm	0.76 mm	9887.43 mm
D	024	3	1.74 mm	-0.63 mm	0.74 mm	1.44 mm	0.74 mm	12745.05 mm
40000	025	6	2.54 mm	2.53 mm	-0.00 mm	-0.22 mm	1.13 mm	15123.29 mm
G	026	9	2.23 mm	-1.07 mm	0.49 mm	-1.90 mm	0.86 mm	13714.94 mm

Nuevo_iber.1.1.1_Scan_006 - 8 Scanned Objects - Mean Distance: 1.49

Object Name	Corresponding Target	Scan Per Target	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
N	020	6	1.63 mm	0.88 mm	-0.96 mm	-0.98 mm	0.38 mm	10751.95 mm
V	027	4	1.16 mm	-0.55 mm	-0.95 mm	0.36 mm	0.91 mm	16873.87 mm
40000	025	6	3.20 mm	-2.05 mm	2.37 mm	0.61 mm	0.58 mm	7264.41 mm
F	--	--	--	--	--	--	1.33 mm	19126.85 mm
E	023	5	0.62 mm	0.56 mm	-0.22 mm	-0.15 mm	1.05 mm	20780.29 mm
H	--	--	--	--	--	--	1.55 mm	25833.84 mm
G	026	9	0.83 mm	0.72 mm	-0.40 mm	0.16 mm	1.53 mm	20642.29 mm
D	--	--	--	--	--	--	1.72 mm	22890.96 mm

Nuevo_iber.1.1.1_Scan_007 - 8 Scanned Objects - Mean Distance: 2.34

Object Name	Corresponding Target	Scan Per Target	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
V	027	4	1.29 mm	-0.70 mm	-1.08 mm	0.14 mm	0.68 mm	14360.86 mm
40000	020	6	2.12 mm	0.72 mm	1.92 mm	0.53 mm	0.54 mm	14420.63 mm
O	--	--	--	--	--	--	0.68 mm	10972.45 mm
P	044	4	3.96 mm	1.99 mm	3.27 mm	1.04 mm	1.78 mm	9235.31 mm
G	026	9	1.57 mm	0.22 mm	-1.17 mm	1.02 mm	1.23 mm	20289.23 mm
F	022	6	1.80 mm	1.41 mm	0.50 mm	-1.00 mm	1.56 mm	22656.85 mm
H	038	6	1.96 mm	0.18 mm	-1.80 mm	-0.75 mm	1.31 mm	21545.53 mm
Target119	025	6	3.68 mm	-3.50 mm	-0.33 mm	-1.09 mm	1.46 mm	16946.82 mm

Nuevo_iber.1.1.1_Scan_008 - 7 Scanned Objects - Mean Distance: 1.50

Object Name	Corresponding Target	Scan Per Target	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
O	020	6	1.54 mm	1.51 mm	0.24 mm	0.10 mm	1.17 mm	25241.79 mm
Q	048	5	2.11 mm	-2.09 mm	0.23 mm	-0.13 mm	1.64 mm	10595.18 mm
I	049	3	2.03 mm	-0.84 mm	-1.66 mm	0.79 mm	1.48 mm	21176.68 mm
P	--	--	--	--	--	--	1.95 mm	14863.69 mm
G	026	9	1.25 mm	1.00 mm	-0.31 mm	-0.69 mm	2.74 mm	25344.75 mm
V	027	4	1.31 mm	-0.84 mm	1.00 mm	-0.04 mm	0.97 mm	19367.52 mm
H	038	6	0.75 mm	-0.29 mm	0.20 mm	0.66 mm	1.26 mm	21693.51 mm

Nuevo_iber.1.1.1_Scan_009 - 7 Scanned Objects - Mean Distance: 1.33

Object Name	Corresponding Target	Scan Per Target	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
S	039	3	0.94 mm	-0.32 mm	0.87 mm	0.16 mm	0.34 mm	6858.68 mm
J	040	3	1.35 mm	0.48 mm	1.04 mm	0.71 mm	2.00 mm	12313.84 mm
50000	041	3	1.19 mm	-0.31 mm	-1.00 mm	0.55 mm	0.88 mm	14230.16 mm
K	042	5	1.14 mm	-0.10 mm	0.71 mm	-0.88 mm	0.79 mm	9419.53 mm
I	049	3	1.42 mm	-1.02 mm	0.80 mm	-0.56 mm	1.34 mm	16228.01 mm
R	--	--	--	--	--	--	1.21 mm	20543.07 mm
Q	048	5	1.95 mm	0.81 mm	-1.73 mm	0.36 mm	2.38 mm	23385.12 mm

Nuevo_iber.1.1.1_Scan_010 - 4 Scanned Objects - Mean Distance: 1.09

Object Name	Corresponding Target	Scan Per Target	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
J	040	3	1.42 mm	-0.47 mm	-1.33 mm	0.18 mm	2.12 mm	6320.61 mm
50000	041	3	0.75 mm	0.64 mm	0.28 mm	-0.28 mm	1.14 mm	6239.96 mm
K	042	5	1.24 mm	-0.53 mm	0.67 mm	0.90 mm	2.28 mm	14111.43 mm
Q	048	5	0.94 mm	0.42 mm	-0.04 mm	-0.84 mm	2.73 mm	32099.81 mm

Nuevo_proyecto_Scan_000 - 6 Scanned Objects - Mean Distance: 1.03

Object Name	Corresponding Target	Scan Per Target	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
T	051	3	0.72 mm	0.57 mm	-0.43 mm	0.08 mm	0.35 mm	8017.99 mm
S	039	3	0.71 mm	0.23 mm	-0.36 mm	-0.57 mm	0.36 mm	4445.26 mm
J	040	3	0.94 mm	-0.01 mm	0.30 mm	-0.89 mm	2.07 mm	6321.80 mm
50000	041	3	0.84 mm	-0.32 mm	0.72 mm	-0.27 mm	1.17 mm	6241.60 mm
K	042	5	1.08 mm	-0.40 mm	-0.49 mm	-0.88 mm	1.64 mm	14112.75 mm
Q	048	5	1.90 mm	0.12 mm	0.34 mm	1.87 mm	3.71 mm	32099.10 mm

Nuevo_proyecto_Scan_001 - 10 Scanned Objects - Mean Distance: 2.40

Object Name	Corresponding Target	Scan Per Target	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
T	051	3	1.00 mm	0.91 mm	0.39 mm	-0.11 mm	0.78 mm	16921.37 mm
Y	028	4	3.19 mm	3.10 mm	-0.21 mm	-0.72 mm	0.81 mm	13039.74 mm
X	033	4	1.99 mm	1.37 mm	-1.39 mm	0.42 mm	0.44 mm	7831.07 mm
U	029	4	2.51 mm	2.42 mm	-0.49 mm	0.44 mm	0.48 mm	12397.79 mm
H	038	6	0.77 mm	0.11 mm	-0.41 mm	-0.64 mm	0.92 mm	10934.76 mm
I	049	3	2.07 mm	1.87 mm	0.86 mm	-0.23 mm	0.97 mm	10945.34 mm
Q	048	5	1.89 mm	0.74 mm	1.20 mm	-1.25 mm	1.75 mm	21879.22 mm
K	042	5	1.74 mm	1.15 mm	-1.13 mm	0.64 mm	4.90 mm	24290.78 mm
P	044	4	4.80 mm	-3.49 mm	1.96 mm	-2.66 mm	2.61 mm	23044.63 mm
G	026	9	4.09 mm	-3.56 mm	-0.12 mm	2.00 mm	3.15 mm	16919.23 mm

Nuevo_proyecto_Scan_002 - 7 Scanned Objects - Mean Distance: 2.23

Object Name	Corresponding Target	Scan Per Target	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
X	033	4	1.97 mm	-1.78 mm	0.56 mm	-0.61 mm	0.47 mm	11882.76 mm
Y	028	4	1.01 mm	-0.74 mm	0.53 mm	0.43 mm	0.54 mm	2707.45 mm
U	029	4	0.89 mm	-0.51 mm	0.04 mm	0.72 mm	0.38 mm	7034.51 mm
H	038	6	2.03 mm	0.47 mm	1.96 mm	0.29 mm	0.92 mm	10793.46 mm
G	026	9	1.32 mm	-0.34 mm	-1.21 mm	0.42 mm	0.90 mm	8391.31 mm
P	044	4	5.09 mm	-0.11 mm	-4.98 mm	-1.05 mm	13.25 mm	21261.12 mm
F	022	6	3.29 mm	2.15 mm	2.42 mm	-0.58 mm	3.84 mm	12853.10 mm

Nuevo_proyecto_Scan_003 - 8 Scanned Objects - Mean Distance: 2.08

Object Name	Corresponding Target	Scan Per Target	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
Y	028	4	1.18 mm	1.17 mm	0.16 mm	0.09 mm	0.40 mm	12040.30 mm
U	029	4	0.84 mm	0.61 mm	-0.55 mm	-0.20 mm	0.72 mm	16938.60 mm
F	022	6	1.47 mm	-0.99 mm	-1.00 mm	-0.44 mm	1.14 mm	13430.49 mm
E	023	5	3.02 mm	-2.61 mm	-0.73 mm	1.34 mm	2.59 mm	15805.80 mm
G	026	9	2.39 mm	2.26 mm	-0.24 mm	-0.74 mm	2.98 mm	15308.72 mm
H	038	6	3.26 mm	-1.96 mm	1.88 mm	-1.80 mm	3.17 mm	21496.49 mm
X	033	4	1.34 mm	-0.78 mm	0.76 mm	0.78 mm	0.93 mm	23022.81 mm
P	044	4	3.13 mm	1.61 mm	-0.24 mm	2.67 mm	4.80 mm	19491.88 mm

Nuevo_proyecto_Scan_004 - 5 Scanned Objects - Mean Distance: 2.76

Object Name	Corresponding Target	Scan Per Target	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
G	026	9	2.67 mm	1.56 mm	0.68 mm	-2.05 mm	3.71 mm	31971.99 mm
Y	028	4	3.56 mm	-3.53 mm	-0.48 mm	0.20 mm	1.28 mm	26668.86 mm
U	029	4	2.87 mm	-2.51 mm	1.00 mm	-0.97 mm	1.63 mm	31163.34 mm
H	038	6	3.25 mm	1.49 mm	-1.82 mm	2.25 mm	4.22 mm	33662.58 mm
F	022	6	1.43 mm	0.20 mm	0.45 mm	1.34 mm	5.02 mm	32653.13 mm

Nuevo_proyecto_Scan_005 - 7 Scanned Objects - Mean Distance: 0.95

Object Name	Corresponding Target	Scan Per Target	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
T	051	3	1.48 mm	-1.48 mm	0.03 mm	0.03 mm	0.79 mm	12616.78 mm
S	039	3	0.66 mm	0.09 mm	-0.51 mm	0.41 mm	0.30 mm	5306.85 mm
K	042	5	0.34 mm	-0.13 mm	0.23 mm	0.21 mm	2.20 mm	6630.84 mm
I	--	--	--	--	--	--	18.77 mm	19357.03 mm
X	033	4	1.34 mm	1.20 mm	0.07 mm	-0.59 mm	1.28 mm	24516.19 mm
Q	--	--	--	--	--	--	2.86 mm	24185.94 mm
R	--	--	--	--	--	--	8.61 mm	19437.81 mm

Report by target

User Name: Rubén Burón
Date: Sun Oct 19 19:49:10 2014
Project Name: Ucles Fachada Principal Registro Finalizado
Linear Measurement Units: Millimeters
Coordinates System: X, Y, Z

16 STATION(S) - Mean Distance: 1.76 Max Distance: 2.76
 24 TARGET(S) - Mean Distance: 1.81 Max Distance: 4.25

020 - 6 Scanned Objects - Mean Distance: 1.86 - Mean Position X=-24426.99 Y=-10580.64
Z=804505.52

Object Name	Corresponding Station	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
N	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_004	1.59 mm	0.24 mm	0.10 mm	-1.57 mm	0.39 mm	13494.51 mm
N	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_005	2.02 mm	-1.16 mm	-1.00 mm	1.32 mm	0.78 mm	21325.62 mm
N	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_006	1.63 mm	0.88 mm	-0.96 mm	-0.98 mm	0.38 mm	10751.95 mm
N	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_003	2.29 mm	-2.19 mm	-0.30 mm	0.60 mm	0.93 mm	26489.78 mm
40000	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_007	2.12 mm	0.72 mm	1.92 mm	0.53 mm	0.54 mm	14420.63 mm
O	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_008	1.54 mm	1.51 mm	0.24 mm	0.10 mm	1.17 mm	25241.79 mm

021 - 4 Scanned Objects - Mean Distance: 1.42 - Mean Position X=-7299.52 Y=-10951.81
Z=799402.37

Object Name	Corresponding Station	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
M	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_004	1.45 mm	0.92 mm	0.94 mm	-0.61 mm	0.42 mm	14021.34 mm
M	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_005	1.16 mm	-0.75 mm	-0.70 mm	-0.54 mm	0.78 mm	25599.10 mm
M	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_003	1.15 mm	1.12 mm	-0.12 mm	-0.26 mm	1.17 mm	22330.51 mm
M	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_001	1.91 mm	-1.29 mm	-0.11 mm	1.41 mm	0.34 mm	13288.79 mm

022 - 6 Scanned Objects - Mean Distance: 2.00 - Mean Position X=-24784.15 Y=18728.11
Z=802224.89

Object Name	Corresponding Station	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
F	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_004	3.02 mm	-2.00 mm	-2.26 mm	0.05 mm	10.46 mm	20901.12 mm
F	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_005	0.99 mm	-0.77 mm	-0.11 mm	0.62 mm	1.07 mm	9124.96 mm
F	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_007	1.80 mm	1.41 mm	0.50 mm	-1.00 mm	1.56 mm	22656.85 mm
F	Nuevo_proyecto_Scan_002	3.29 mm	2.15 mm	2.42 mm	-0.58 mm	3.84 mm	12853.10 mm
F	Nuevo_proyecto_Scan_003	1.47 mm	-0.99 mm	-1.00 mm	-0.44 mm	1.14 mm	13430.49 mm
F	Nuevo_proyecto_Scan_004	1.43 mm	0.20 mm	0.45 mm	1.34 mm	5.02 mm	32653.13 mm

023 - 5 Scanned Objects - Mean Distance: 1.67 - Mean Position X=-16926.87 Y=19034.79
Z=801843.41

Object Name	Corresponding Station	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
E	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_004	0.73 mm	-0.04 mm	0.25 mm	-0.68 mm	1.25 mm	19409.72 mm
E	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_005	1.42 mm	0.51 mm	-0.26 mm	1.30 mm	0.76 mm	9887.43 mm
E	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_006	0.62 mm	0.56 mm	-0.22 mm	-0.15 mm	1.05 mm	20780.29 mm
E	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_003	2.58 mm	1.57 mm	0.96 mm	-1.81 mm	0.89 mm	10719.61 mm
E	Nuevo_proyecto_Scan_003	3.02 mm	-2.61 mm	-0.73 mm	1.34 mm	2.59 mm	15805.80 mm

024 - 3 Scanned Objects - Mean Distance: 1.43 - Mean Position X=-12270.36 Y=19082.62
Z=801564.07

Object Name	Corresponding Station	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
D	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_004	0.63 mm	0.38 mm	0.50 mm	0.02 mm	2.44 mm	19857.11 mm
D	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_005	1.74 mm	-0.63 mm	0.74 mm	1.44 mm	0.74 mm	12745.05 mm
D	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_003	1.94 mm	0.25 mm	-1.25 mm	-1.46 mm	0.69 mm	8332.39 mm

025 - 6 Scanned Objects - Mean Distance: 2.38 - Mean Position X=-18379.89 Y=-4519.40
Z=801187.06

Object Name	Corresponding Station	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
40000	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_004	1.53 mm	1.14 mm	-0.85 mm	-0.54 mm	42.86 mm	4651.18 mm
40000	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_005	2.54 mm	2.53 mm	-0.00 mm	-0.22 mm	1.13 mm	15123.29 mm
40000	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_006	3.20 mm	-2.05 mm	2.37 mm	0.61 mm	0.58 mm	7264.41 mm
40000	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_003	1.72 mm	1.41 mm	0.31 mm	0.93 mm	0.82 mm	17951.66 mm
40000	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_001	1.60 mm	0.47 mm	-1.50 mm	0.31 mm	1.07 mm	18927.33 mm
Target119	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_007	3.68 mm	-3.50 mm	-0.33 mm	-1.09 mm	1.46 mm	16946.82 mm

026 - 9 Scanned Objects - Mean Distance: 2.15 - Mean Position X=-32331.77 Y=18669.34
Z=801170.81

Object Name	Corresponding Station	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
G	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_004	2.98 mm	-0.78 mm	2.27 mm	1.77 mm	6.75 mm	24863.21 mm
G	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_005	2.23 mm	-1.07 mm	0.49 mm	-1.90 mm	0.86 mm	13714.94 mm
G	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_006	0.83 mm	0.72 mm	-0.40 mm	0.16 mm	1.53 mm	20642.29 mm
G	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_007	1.57 mm	0.22 mm	-1.17 mm	1.02 mm	1.23 mm	20289.23 mm
G	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_008	1.25 mm	1.00 mm	-0.31 mm	-0.69 mm	2.74 mm	25344.75 mm
G	Nuevo_proyecto_Scan_002	1.32 mm	-0.34 mm	-1.21 mm	0.42 mm	0.90 mm	8391.31 mm
G	Nuevo_proyecto_Scan_003	2.39 mm	2.26 mm	-0.24 mm	-0.74 mm	2.98 mm	15308.72 mm
G	Nuevo_proyecto_Scan_001	4.09 mm	-3.56 mm	-0.12 mm	2.00 mm	3.15 mm	16919.23 mm
G	Nuevo_proyecto_Scan_004	2.67 mm	1.56 mm	0.68 mm	-2.05 mm	3.71 mm	31971.99 mm

027 - 4 Scanned Objects - Mean Distance: 1.53 - Mean Position X=-34732.94 Y=12855.57
Z=799739.90

Object Name	Corresponding Station	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
V	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_005	2.38 mm	2.09 mm	1.04 mm	-0.47 mm	0.54 mm	13577.20 mm
V	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_006	1.16 mm	-0.55 mm	-0.95 mm	0.36 mm	0.91 mm	16873.87 mm
V	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_007	1.29 mm	-0.70 mm	-1.08 mm	0.14 mm	0.68 mm	14360.86 mm
V	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_008	1.31 mm	-0.84 mm	1.00 mm	-0.04 mm	0.97 mm	19367.52 mm

028 - 4 Scanned Objects - Mean Distance: 2.24 - Mean Position X=-34133.83 Y=12817.44
Z=799722.77

Object Name	Corresponding Station	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
Y	Nuevo_proyecto_Scan_002	1.01 mm	-0.74 mm	0.53 mm	0.43 mm	0.54 mm	2707.45 mm
Y	Nuevo_proyecto_Scan_003	1.18 mm	1.17 mm	0.16 mm	0.09 mm	0.40 mm	12040.30 mm
Y	Nuevo_proyecto_Scan_001	3.19 mm	3.10 mm	-0.21 mm	-0.72 mm	0.81 mm	13039.74 mm
Y	Nuevo_proyecto_Scan_004	3.56 mm	-3.53 mm	-0.48 mm	0.20 mm	1.28 mm	26668.86 mm

029 - 4 Scanned Objects - Mean Distance: 1.78 - Mean Position X=-36860.35 Y=17158.53
Z=799776.12

Object Name	Corresponding Station	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
U	Nuevo_proyecto_Scan_002	0.89 mm	-0.51 mm	0.04 mm	0.72 mm	0.38 mm	7034.51 mm
U	Nuevo_proyecto_Scan_003	0.84 mm	0.61 mm	-0.55 mm	-0.20 mm	0.72 mm	16938.60 mm
U	Nuevo_proyecto_Scan_001	2.51 mm	2.42 mm	-0.49 mm	0.44 mm	0.48 mm	12397.79 mm
U	Nuevo_proyecto_Scan_004	2.87 mm	-2.51 mm	1.00 mm	-0.97 mm	1.63 mm	31163.34 mm

033 - 4 Scanned Objects - Mean Distance: 1.66 - Mean Position X=-44502.07 Y=17161.75
Z=799714.24

Object Name	Corresponding Station	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
X	Nuevo_proyecto_Scan_002	1.97 mm	-1.78 mm	0.56 mm	-0.61 mm	0.47 mm	11882.76 mm
X	Nuevo_proyecto_Scan_003	1.34 mm	-0.78 mm	0.76 mm	0.78 mm	0.93 mm	23022.81 mm
X	Nuevo_proyecto_Scan_001	1.99 mm	1.37 mm	-1.39 mm	0.42 mm	0.44 mm	7831.07 mm
X	Nuevo_proyecto_Scan_005	1.34 mm	1.20 mm	0.07 mm	-0.59 mm	1.28 mm	24516.19 mm

035 - 2 Scanned Objects - Mean Distance: 2.70 - Mean Position X=-7760.28 Y=19057.08 Z=802133.70

Object Name	Corresponding Station	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
C	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_003	2.70 mm	-1.11 mm	-2.37 mm	0.67 mm	0.92 mm	8151.12 mm
C	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_001	2.70 mm	1.11 mm	2.37 mm	-0.67 mm	1.65 mm	20598.01 mm

036 - 4 Scanned Objects - Mean Distance: 2.07 - Mean Position X=7172.02 Y=8223.27 Z=801420.92

Object Name	Corresponding Station	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
30000	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_003	3.69 mm	-1.14 mm	3.50 mm	0.25 mm	0.96 mm	17087.46 mm
30000	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_004	2.73 mm	1.51 mm	-2.21 mm	0.56 mm	10.32 mm	25012.27 mm
30000	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_001	1.39 mm	-0.68 mm	-1.08 mm	-0.54 mm	0.81 mm	10911.81 mm
30000	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_002	0.47 mm	0.31 mm	-0.21 mm	-0.28 mm	0.50 mm	4799.51 mm

037 - 3 Scanned Objects - Mean Distance: 2.63 - Mean Position X=907.10 Y=19003.07 Z=802004.93

Object Name	Corresponding Station	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
B	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_001	3.22 mm	1.14 mm	2.52 mm	-1.66 mm	1.11 mm	19042.87 mm
B	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_003	3.47 mm	-0.53 mm	-3.29 mm	0.97 mm	19.83 mm	13169.19 mm
B	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_002	1.19 mm	-0.61 mm	0.77 mm	0.68 mm	0.94 mm	7719.57 mm

038 - 6 Scanned Objects - Mean Distance: 2.00 - Mean Position X=-41211.45 Y=19193.11
Z=801898.79

Object Name	Corresponding Station	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
H	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_007	1.96 mm	0.18 mm	-1.80 mm	-0.75 mm	1.31 mm	21545.53 mm
H	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_008	0.75 mm	-0.29 mm	0.20 mm	0.66 mm	1.26 mm	21693.51 mm
H	Nuevo_proyecto_Scan_002	2.03 mm	0.47 mm	1.96 mm	0.29 mm	0.92 mm	10793.46 mm
H	Nuevo_proyecto_Scan_003	3.26 mm	-1.96 mm	1.88 mm	-1.80 mm	3.17 mm	21496.49 mm
H	Nuevo_proyecto_Scan_001	0.77 mm	0.11 mm	-0.41 mm	-0.64 mm	0.92 mm	10934.76 mm
H	Nuevo_proyecto_Scan_004	3.25 mm	1.49 mm	-1.82 mm	2.25 mm	4.22 mm	33662.58 mm

039 - 3 Scanned Objects - Mean Distance: 0.77 - Mean Position X=-69214.59 Y=9386.28 Z=799469.90

Object Name	Corresponding Station	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
S	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_009	0.94 mm	-0.32 mm	0.87 mm	0.16 mm	0.34 mm	6858.68 mm
S	Nuevo_proyecto_Scan_000	0.71 mm	0.23 mm	-0.36 mm	-0.57 mm	0.36 mm	4445.26 mm
S	Nuevo_proyecto_Scan_005	0.66 mm	0.09 mm	-0.51 mm	0.41 mm	0.30 mm	5306.85 mm

040 - 3 Scanned Objects - Mean Distance: 1.24 - Mean Position X=-65590.05 Y=18939.31
Z=801734.69

Object Name	Corresponding Station	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
J	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_009	1.35 mm	0.48 mm	1.04 mm	0.71 mm	2.00 mm	12313.84 mm
J	Nuevo_proyecto_Scan_000	0.94 mm	-0.01 mm	0.30 mm	-0.89 mm	2.07 mm	6321.80 mm
J	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_010	1.42 mm	-0.47 mm	-1.33 mm	0.18 mm	2.12 mm	6320.61 mm

041 - 3 Scanned Objects - Mean Distance: 0.93 - Mean Position X=-74859.57 Y=14808.17
Z=800893.28

Object Name	Corresponding Station	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
50000	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_009	1.19 mm	-0.31 mm	-1.00 mm	0.55 mm	0.88 mm	14230.16 mm
50000	Nuevo_proyecto_Scan_000	0.84 mm	-0.32 mm	0.72 mm	-0.27 mm	1.17 mm	6241.60 mm
50000	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_010	0.75 mm	0.64 mm	0.28 mm	-0.28 mm	1.14 mm	6239.96 mm

042 - 5 Scanned Objects - Mean Distance: 1.11 - Mean Position X=-68692.20 Y=-601.17 Z=800865.48

Object Name	Corresponding Station	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
K	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_009	1.14 mm	-0.10 mm	0.71 mm	-0.88 mm	0.79 mm	9419.53 mm
K	Nuevo_proyecto_Scan_000	1.08 mm	-0.40 mm	-0.49 mm	-0.88 mm	1.64 mm	14112.75 mm
K	Nuevo_proyecto_Scan_005	0.34 mm	-0.13 mm	0.23 mm	0.21 mm	2.20 mm	6630.84 mm
K	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_010	1.24 mm	-0.53 mm	0.67 mm	0.90 mm	2.28 mm	14111.43 mm
K	Nuevo_proyecto_Scan_001	1.74 mm	1.15 mm	-1.13 mm	0.64 mm	4.90 mm	24290.78 mm

044 - 4 Scanned Objects - Mean Distance: 4.25 - Mean Position X=-35993.77 Y=-10584.20
Z=802000.66

Object Name	Corresponding Station	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
P	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_007	3.96 mm	1.99 mm	3.27 mm	1.04 mm	1.78 mm	9235.31 mm
P	Nuevo_proyecto_Scan_002	5.09 mm	-0.11 mm	-4.98 mm	-1.05 mm	13.25 mm	21261.12 mm
P	Nuevo_proyecto_Scan_003	3.13 mm	1.61 mm	-0.24 mm	2.67 mm	4.80 mm	19491.88 mm
P	Nuevo_proyecto_Scan_001	4.80 mm	-3.49 mm	1.96 mm	-2.66 mm	2.61 mm	23044.63 mm

046 - 2 Scanned Objects - Mean Distance: 0.92 - Mean Position X=12771.18 Y=2921.02 Z=801511.16

Object Name	Corresponding Station	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
10000	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_001	0.92 mm	-0.28 mm	0.73 mm	0.47 mm	0.56 mm	13103.82 mm
10000	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_002	0.94 mm	0.28 mm	-0.73 mm	-0.47 mm	1.42 mm	12304.07 mm

048 - 5 Scanned Objects - Mean Distance: 1.76 - Mean Position X=-49210.88 Y=-11945.23
Z=801656.42

Object Name	Corresponding Station	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
Q	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_008	2.11 mm	-2.09 mm	0.23 mm	-0.13 mm	1.64 mm	10595.18 mm
Q	Nuevo_proyecto_Scan_001	1.89 mm	0.74 mm	1.20 mm	-1.25 mm	1.75 mm	21879.22 mm
Q	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_009	1.95 mm	0.81 mm	-1.73 mm	0.36 mm	2.38 mm	23385.12 mm
Q	Nuevo_proyecto_Scan_000	1.90 mm	0.12 mm	0.34 mm	1.87 mm	3.71 mm	32099.10 mm
Q	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_010	0.94 mm	0.42 mm	-0.04 mm	-0.84 mm	2.73 mm	32099.81 mm

049 - 3 Scanned Objects - Mean Distance: 1.84 - Mean Position X=-52377.75 Y=19168.06
Z=801144.49

Object Name	Corresponding Station	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
I	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_009	1.42 mm	-1.02 mm	0.80 mm	-0.56 mm	1.34 mm	16228.01 mm
I	Nuevo_iber.1.1.1_Scan_008	2.03 mm	-0.84 mm	-1.66 mm	0.79 mm	1.48 mm	21176.68 mm
I	Nuevo_proyecto_Scan_001	2.07 mm	1.87 mm	0.86 mm	-0.23 mm	0.97 mm	10945.34 mm

051 - 3 Scanned Objects - Mean Distance: 1.07 - Mean Position X=-61833.34 Y=17282.26
Z=799614.06

Object Name	Corresponding Station	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Scanner
T	Nuevo_proyecto_Scan_000	0.72 mm	0.57 mm	-0.43 mm	0.08 mm	0.35 mm	8017.99 mm
T	Nuevo_proyecto_Scan_005	1.48 mm	-1.48 mm	0.03 mm	0.03 mm	0.79 mm	12616.78 mm
T	Nuevo_proyecto_Scan_001	1.00 mm	0.91 mm	0.39 mm	-0.11 mm	0.78 mm	16921.37 mm

De tal forma que los errores medio cuadráticos en el registro de cada una de las 24 dianas son:

E20 = 1.86 mm	E21 = 1.42 mm	E22 = 2.00 mm	E23 = 1.67 mm
E24 = 1.43 mm	E25 = 2.38 mm	E26 = 2.15 mm	E27 = 1.53 mm
E28 = 2.24 mm	E29 = 1.78 mm	E33 = 1.66 mm	E35 = 2.70 mm
E36 = 2.07 mm	E37 = 2.63 mm	E38 = 2.00 mm	E39 = 0.77 mm
E40 = 1.24 mm	E41 = 0.93 mm	E42 = 1.11 mm	E44 = 4.25 mm
E46 = 0.92 mm	E48 = 1.76 mm	E49 = 1.84 mm	E51 = 1.07 mm

El error medio cuadrático total en el registro de las dianas es (E_{D1}):

$$E_{D1} = \sqrt{1.86^2 + 1.42^2 + 2^2 + 1.67^2 + 1.43^2 + 2.38^2 + 2.15^2 + 1.53^2 + 2.24^2 + 1.78^2 + 1.66^2 + 2.7^2 + 2.07^2 + 2.63^2 + 2^2 + 0.77^2 + 1.24^2 + 0.93^2 + 1.11^2 + 4.25^2 + 0.92^2 + 1.76^2 + 1.84^2 + 1.07^2} = 8.92mm$$

- El error cometido en el registro de las esferas nos la proporciona directamente las características técnicas del instrumento según el parámetro que indica la precisión de la modelización de superficies:

$$E_{esferas} = 3 mm$$

- El error en la fusión de todos los escaneados, es el error al referir los diferentes escaneados a un mismo sistema de referencia, puesto que la precisión de cualquier punto en este sistema relativo de coordenadas escáner viene dada por la composición del error en la transformación y el error implícito del escáner en el registro del punto. El error máximo en la transformación es de 2.9 mm.

2. Precisión en la georreferenciación del modelo

- El error cometido en el cálculo de la base GPS de referencia para el cálculo del resto de bases mediante el servicio Trimble RTX es como máximo de 10 mm.
- Tras efectuar el registro de los puntos con coordenadas (dianas de puntería sobre trípode), el programa nos permite conocer el error o incertidumbre cometido en la georreferenciación del sistema. Se trata de un valor que el programa nos presenta directamente en pantalla al finalizar dicha operación, y no hay posibilidad de obtener un registro de ello, simplemente se despliega una ventana donde vemos el valor que buscamos.

Nombre1	Nombre2	Error
<input checked="" type="checkbox"/> 10000	10000G...	5.82 mm
<input checked="" type="checkbox"/> 30000	30000G...	7.48 mm
<input checked="" type="checkbox"/> 40000	40000G...	6.23 mm
Error promedio:		6.51 mm
Mostrar errores		

- El error cometido en el cálculo de las coordenadas de las bases GPS 10.000, 30.000 y 40.000 tras realizar el cálculo en postproceso, lo obtenemos a partir de los informes generados desde el programa TBC una vez hecho el cálculo de las líneas base:

$$E_{10.000} = \sqrt{0.003^2 + 0.006^2 + 0.003^2 + 0.007^2} = 0.010m$$

$$E_{30.000} = \sqrt{0.003^2 + 0.006^2 + 0.005^2 + 0.009^2} = 0.012m$$

$$E_{40.000} = \sqrt{0.005^2 + 0.009^2 + 0.003^2 + 0.007^2} = 0.013m$$

A continuación se muestran los siguientes informes:

- Informe de procesamiento de las líneas base.
- Informe de derivación de puntos.

ETSI Topografía (UPM)		Phone: Fax:	
User information		Coordinate System	
Field operator:	Ruben Buron	Name:	UTM
Office operator:	Ruben Buron	Datum:	ETRS89
		Zone:	30 North (3W)
		Geoid:	EGM 2008 IGN
		Vertical datum:	

Additional Coordinate System Details

Local Site Settings			
Project latitude:	?	Ground scale factor:	1
Project longitude:	?	False northing offset:	0,000
Project height:	600,000	False easting offset:	0,000

Baseline Processing Report

Processing Summary

Observation	From	To	Solution Type	H. Prec. (Meter)	V. Prec. (Meter)	Geodetic Az.	Ellipsoid Dist. (Meter)	ΔHeight (Meter)
10000 — 40000 (B2)	10000	40000	Fixed	0,003	0,007	253°59'54"	32,032	1,223
10000 — 20000 (B1)	10000	20000	Fixed	0,006	0,011	233°03'25"	24,452	0,959
10000 — 50000 (B6)	10000	50000	Fixed	0,009	0,011	275°09'05"	88,440	0,843
30000 — 40000 (B3)	30000	40000	Fixed	0,005	0,009	240°55'00"	28,552	-0,294
10000 — 30000 (B5)	10000	30000	Fixed	0,003	0,006	310°50'43"	7,719	1,516

Acceptance Summary

Processed	Passed	Flag	Fail
5	5	0	0

10000 - 40000 (9:18:49-9:41:14) (S2)

Baseline observation:	10000 — 40000 (B2)
Processed:	19/10/2014 14:03:11
Solution type:	Fixed
Frequency used:	Dual Frequency (L1, L2)
Horizontal precision:	0,003 m
Vertical precision:	0,007 m
RMS:	0,000 m
Maximum PDOP:	2,393
Ephemeris used:	Broadcast
Antenna model:	NGS Absolute
Processing start time:	18/10/2014 9:18:49 (Local: UTC+2hr)
Processing stop time:	18/10/2014 9:41:14 (Local: UTC+2hr)
Processing duration:	00:22:25
Processing interval:	5 seconds

Vector Components (Mark to Mark)

From: 10000					
Grid		Local		Global	
Easting	511705,478 m	Latitude	N39°58'47,63046"	Latitude	N39°58'47,63046"
Northing	4425535,023 m	Longitude	W2°51'46,47247"	Longitude	W2°51'46,47247"
Elevation	868,127 m	Height	920,127 m	Height	920,127 m
To: 40000					
Grid		Local		Global	
Easting	511674,713 m	Latitude	N39°58'47,34416"	Latitude	N39°58'47,34416"
Northing	4425526,149 m	Longitude	W2°51'47,77015"	Longitude	W2°51'47,77015"
Elevation	869,350 m	Height	921,350 m	Height	921,350 m
Vector					
ΔEasting	-30,765 m	NS Fwd Azimuth	253°59'54"	ΔX	5,065 m
ΔNorthing	-8,874 m	Ellipsoid Dist.	32,032 m	ΔY	-31,087 m
ΔElevation	1,224 m	ΔHeight	1,223 m	ΔZ	-5,981 m

Standard Errors

Vector errors:					
σ ΔEasting	0,001 m	σ NS fwd Azimuth	0°00'07"	σ ΔX	0,003 m
σ ΔNorthing	0,001 m	σ Ellipsoid Dist.	0,001 m	σ ΔY	0,001 m
σ ΔElevation	0,003 m	σ ΔHeight	0,003 m	σ ΔZ	0,002 m

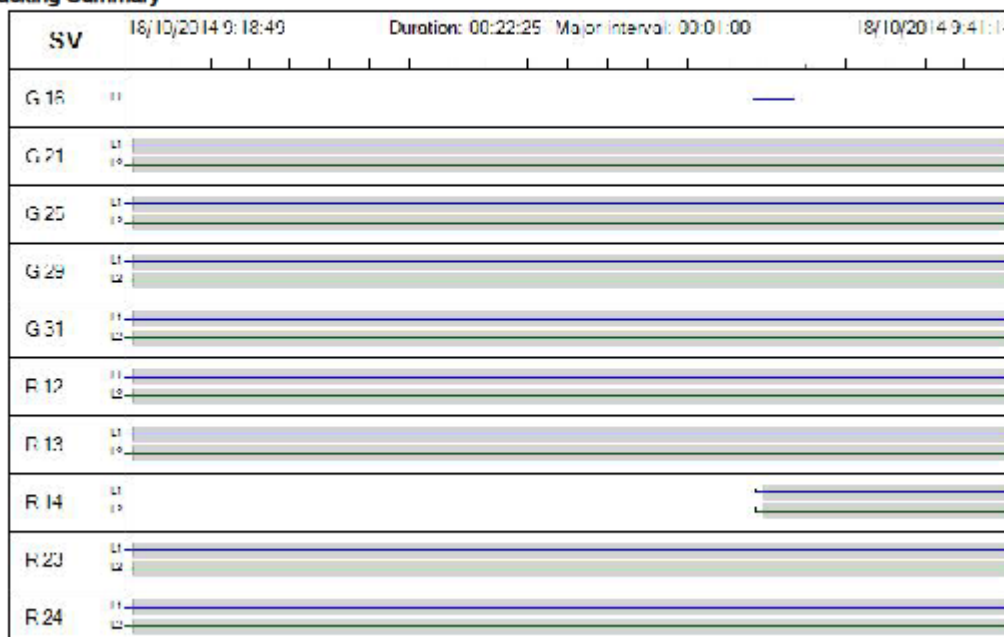
Aposteriori Covariance Matrix (Meter²)

	X	Y	Z
X	0,0000085240		
Y	0,0000024692	0,0000014668	
Z	0,0000051010	0,0000013545	0,0000041931

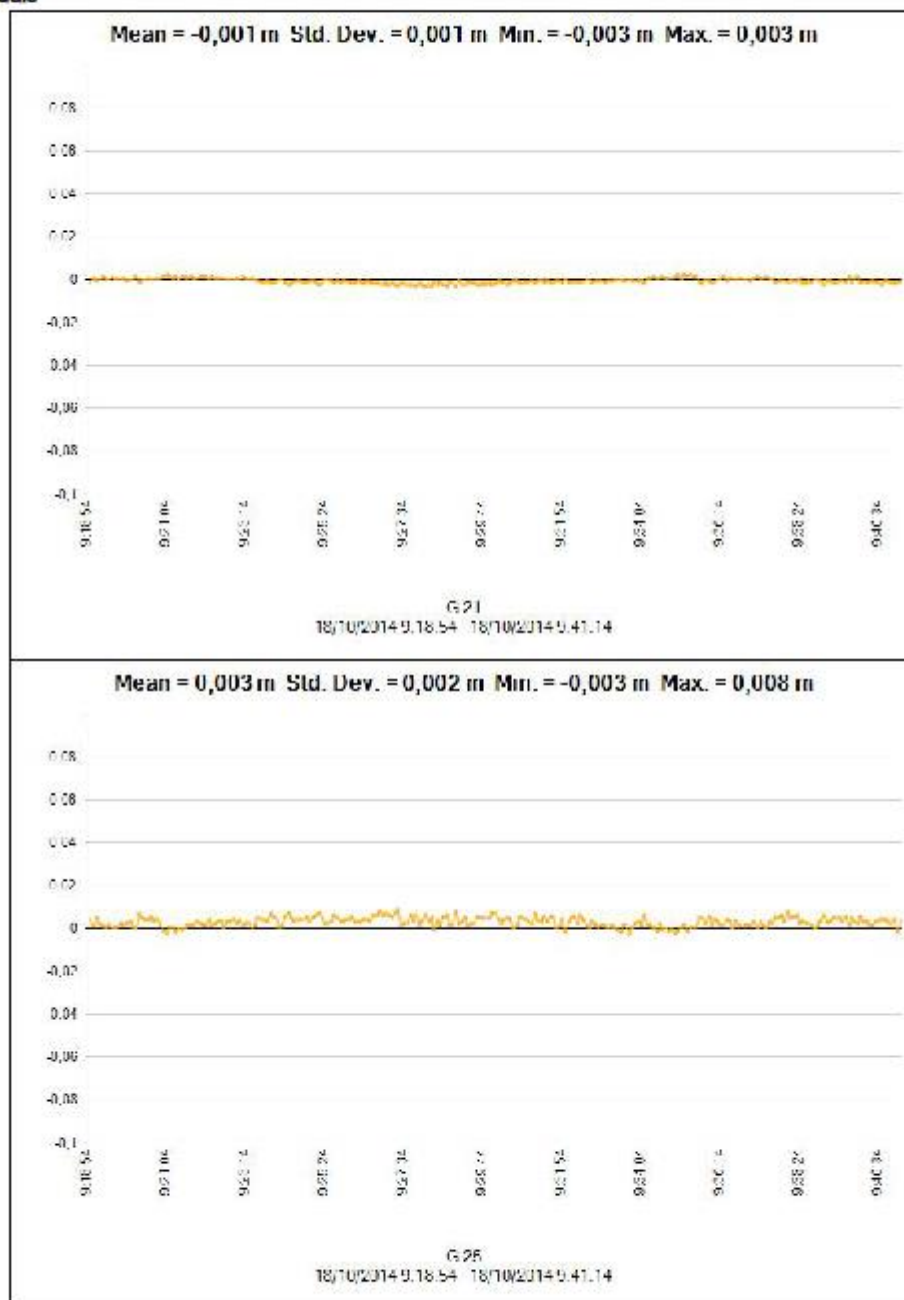
Occupations

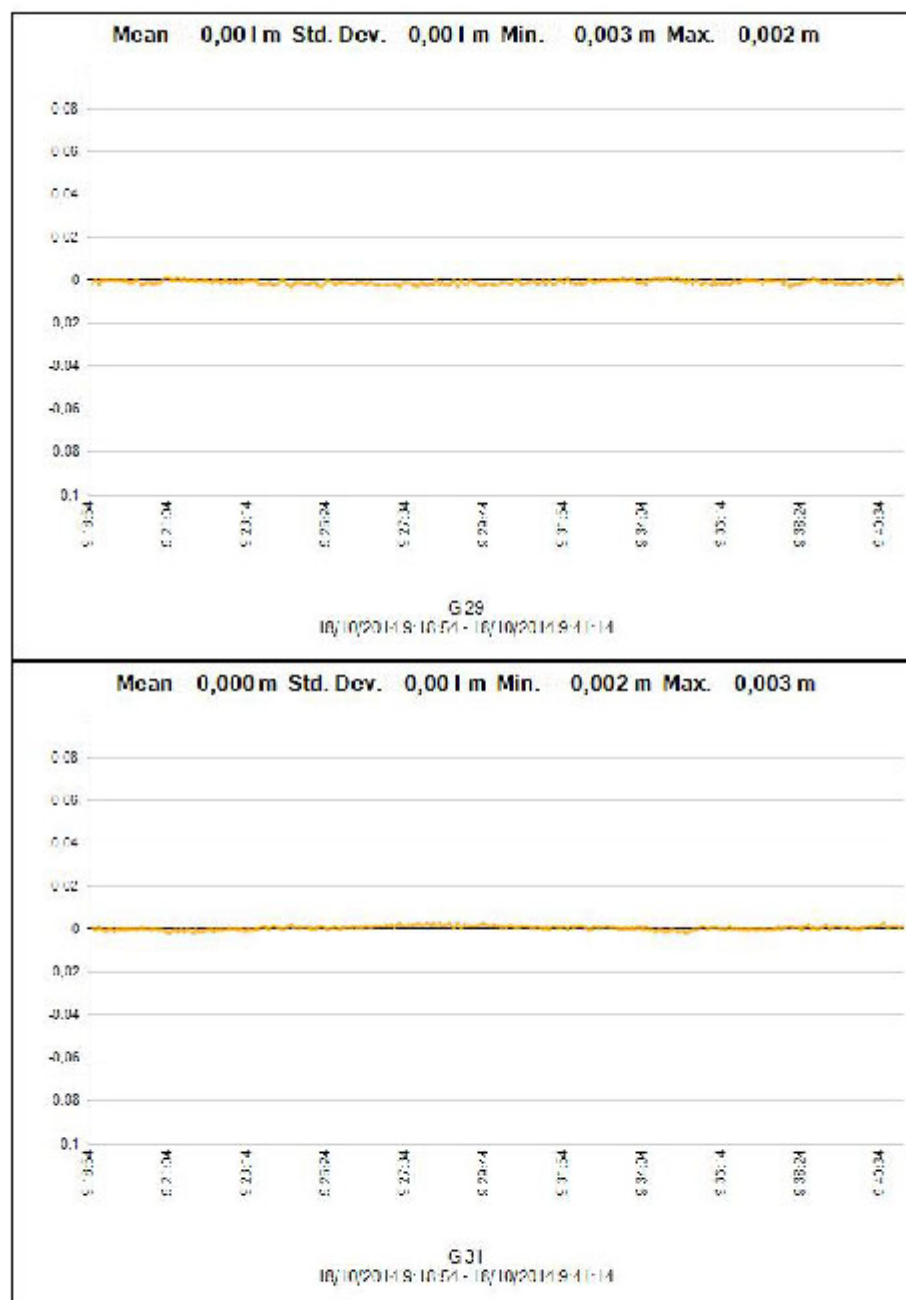
	From	To
Point ID:	10000	40000
Data file:	C:\Users\Rubén\Documents\PARTICULAR no completo\Ucles Fachada Principal \Oficina\TBC Postproceso\Monasterio de Uclés GPS Postproceso Finalizado \07942910.T02	C:\Users\Rubén\Documents\PARTICULAR no completo\Ucles Fachada Principal \Oficina\TBC Postproceso\Monasterio de Uclés GPS Postproceso Finalizado \37262911.T01
Receiver type:	R10	R8 Model 2
Receiver serial number:	5413460794	4723133726
Antenna type:	R10 Internal	R8 GNSS/SPS88x Internal
Antenna serial number:	-----	-----
Antenna height (measured):	1,546 m	0,200 m
Antenna method:	Lever of R10 extension	Bottom of antenna mount

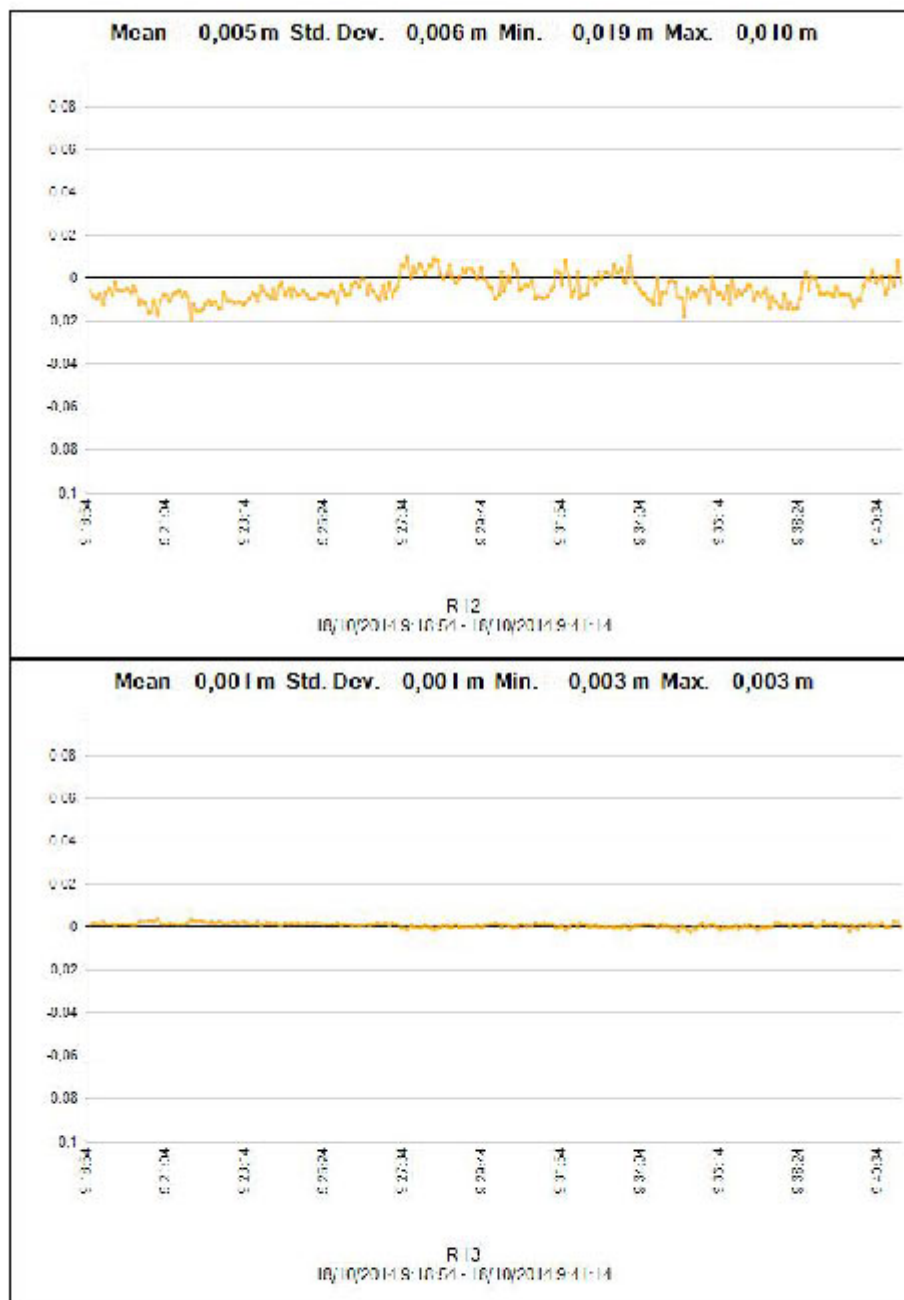
Tracking Summary

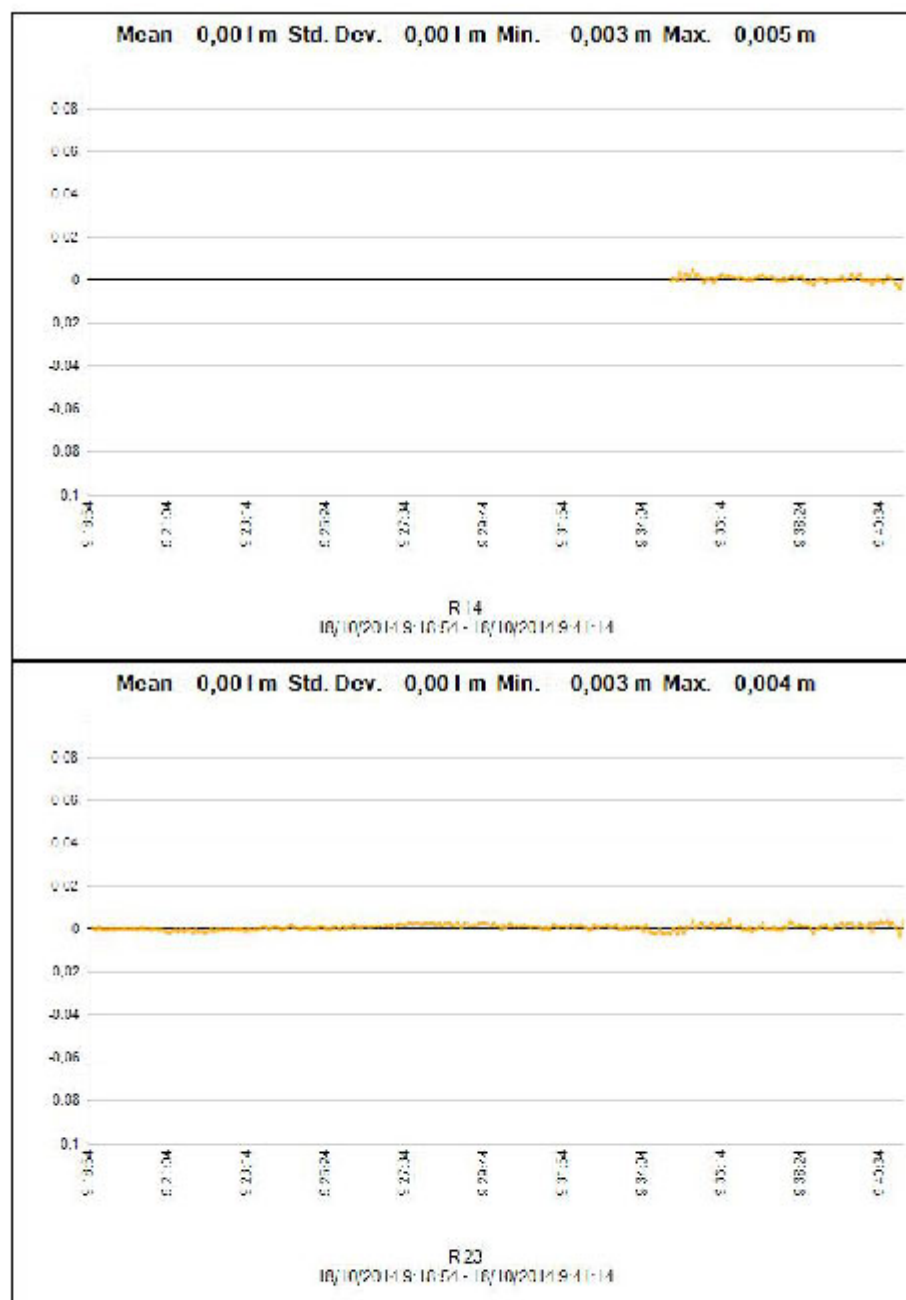


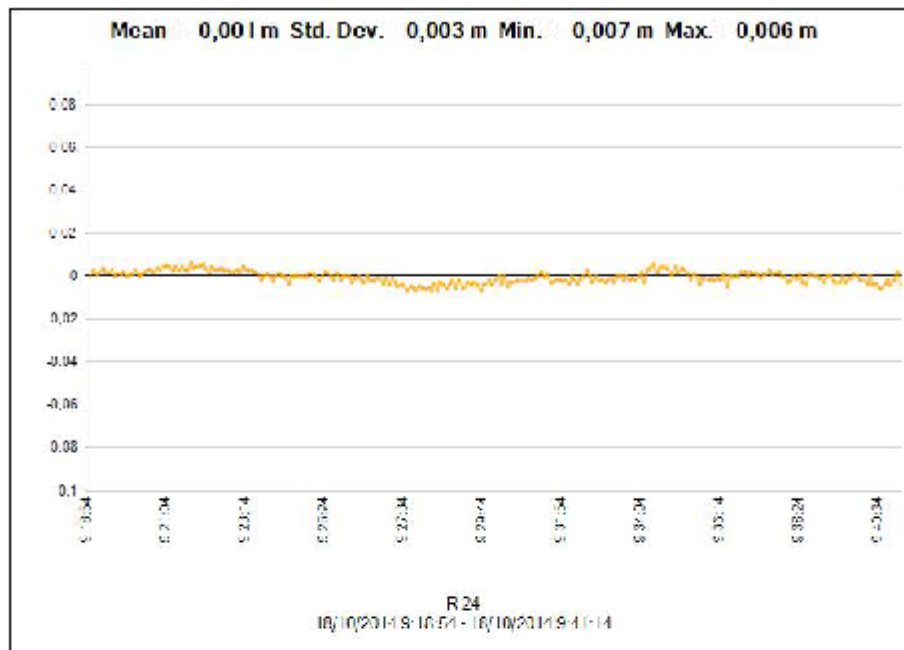
Residuals













Processing style

Elevation mask:	10,0 deg
Auto start processing:	Yes
Start automatic ID numbering:	AUTO0001
Continuous vectors:	No
Generate residuals:	Yes
Antenna model:	Automatic
Ephemeris type:	Automatic
Frequency:	Multiple Frequencies
Processing Interval:	Use all data
Force float:	No

Acceptance Criteria

Vector Component	Flag 	Fail 
Horizontal Precision >	0,010 m + 1,000 ppm	0,020 m + 1,000 ppm
Vertical Precision >	0,015 m + 1,000 ppm	0,030 m + 1,000 ppm

10000 - 20000 (8:56:44-9:16:14) (S1)

Baseline observation:	10000 — 20000 (B1)
Processed:	19/10/2014 14:03:03
Solution type:	Fixed
Frequency used:	Dual Frequency (L1, L2)
Horizontal precision:	0,006 m
Vertical precision:	0,011 m
RMS:	0,000 m
Maximum PDOP:	3,801
Ephemeris used:	Broadcast
Antenna model:	NGS Absolute
Processing start time:	18/10/2014 8:56:44 (Local: UTC+2hr)
Processing stop time:	18/10/2014 9:16:14 (Local: UTC+2hr)
Processing duration:	00:19:30
Processing interval:	5 seconds

Vector Components (Mark to Mark)

From: 10000					
Grid		Local		Global	
Easting	511705,478 m	Latitude	N39°58'47,63046"	Latitude	N39°58'47,63046"
Northing	4425535,023 m	Longitude	W2°51'46,47247"	Longitude	W2°51'46,47247"
Elevation	868,127 m	Height	920,127 m	Height	920,127 m
To: 20000					
Grid		Local		Global	
Easting	511685,965 m	Latitude	N39°58'47,15398"	Latitude	N39°58'47,15397"
Northing	4425520,302 m	Longitude	W2°51'47,29610"	Longitude	W2°51'47,29610"
Elevation	869,085 m	Height	921,086 m	Height	921,085 m
Vector					
ΔEasting	-19,512 m	NS Fwd Azimuth	233°03'25"	ΔX	9,189 m
ΔNorthing	-14,720 m	Ellipsoid Dist.	24,452 m	ΔY	-20,030 m
ΔElevation	0,959 m	ΔHeight	0,959 m	ΔZ	-10,647 m

Standard Errors

Vector errors:					
$\sigma \Delta \text{Easting}$	0,002 m	$\sigma \text{ NS fwd Azimuth}$	0°00'19"	$\sigma \Delta X$	0,005 m
$\sigma \Delta \text{Northing}$	0,002 m	$\sigma \text{ Ellipsoid Dist.}$	0,001 m	$\sigma \Delta Y$	0,002 m
$\sigma \Delta \text{Elevation}$	0,006 m	$\sigma \Delta \text{Height}$	0,006 m	$\sigma \Delta Z$	0,003 m

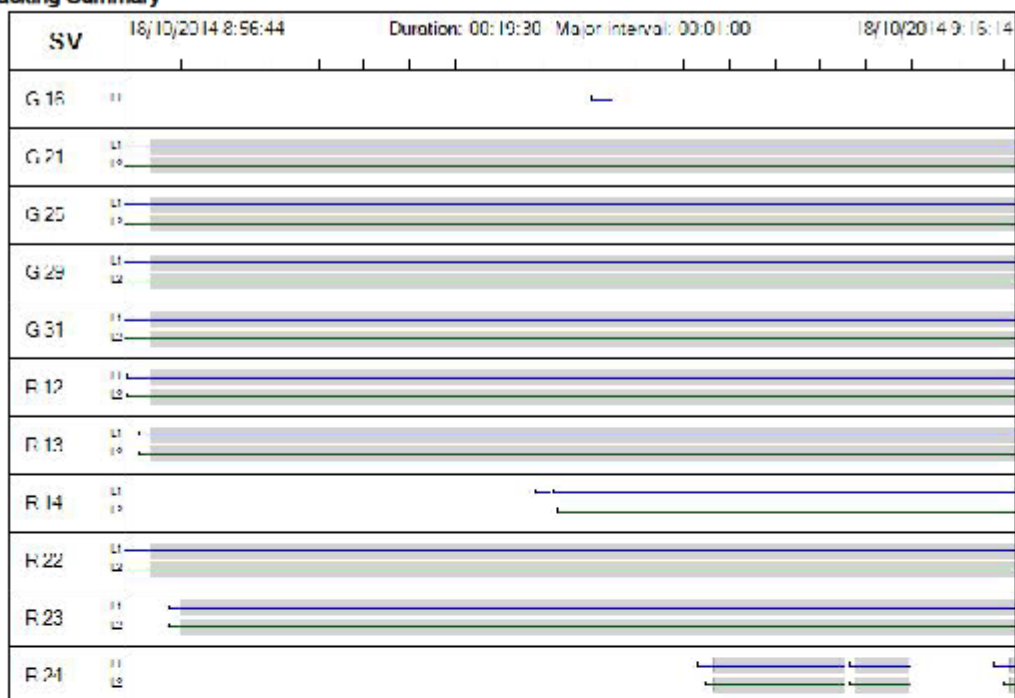
Aposteriori Covariance Matrix (Meter²)

	X	Y	Z
X	0,0000284709		
Y	0,0000086320	0,0000036568	
Z	0,0000148831	0,0000046604	0,0000091017

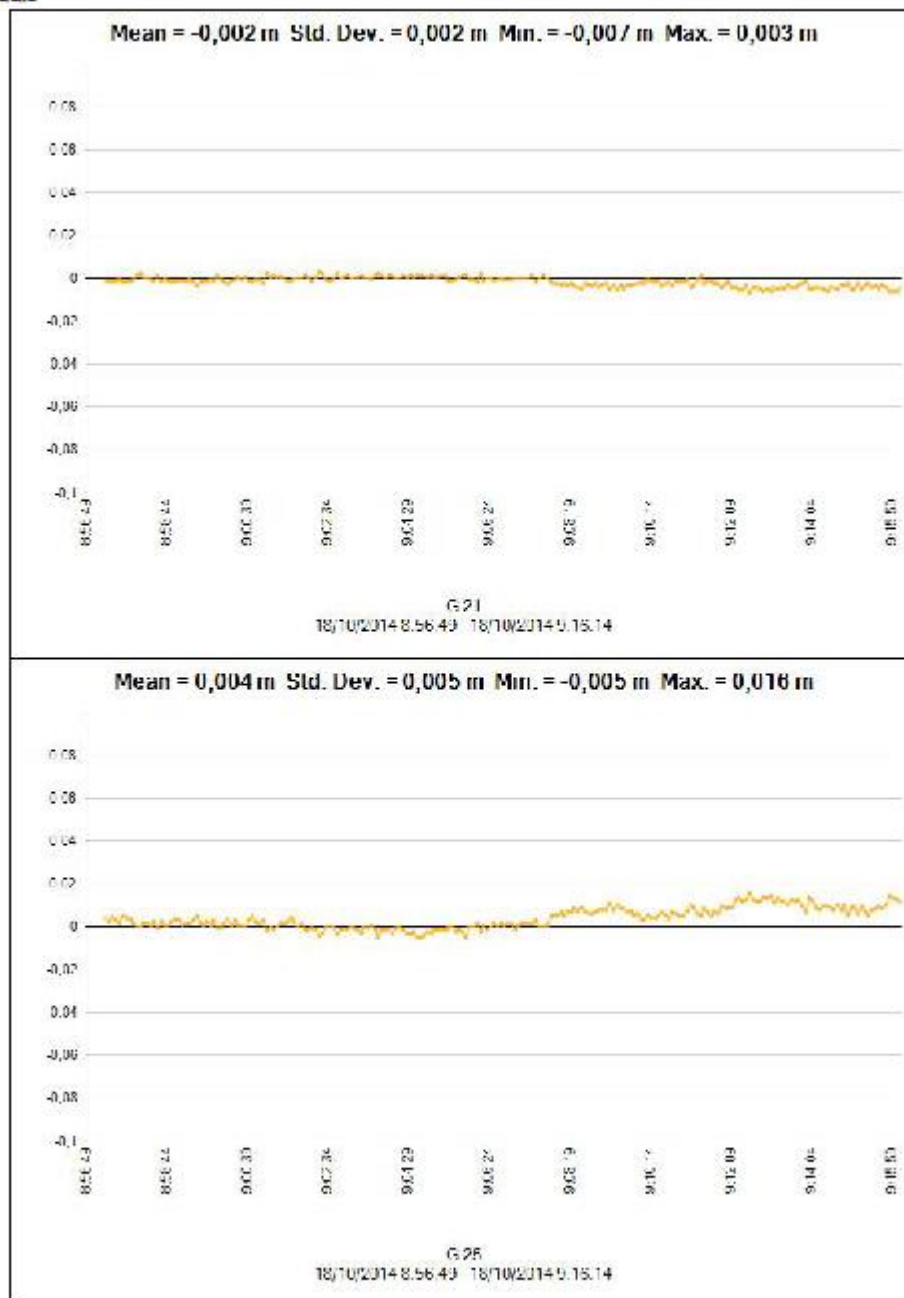
Occupations

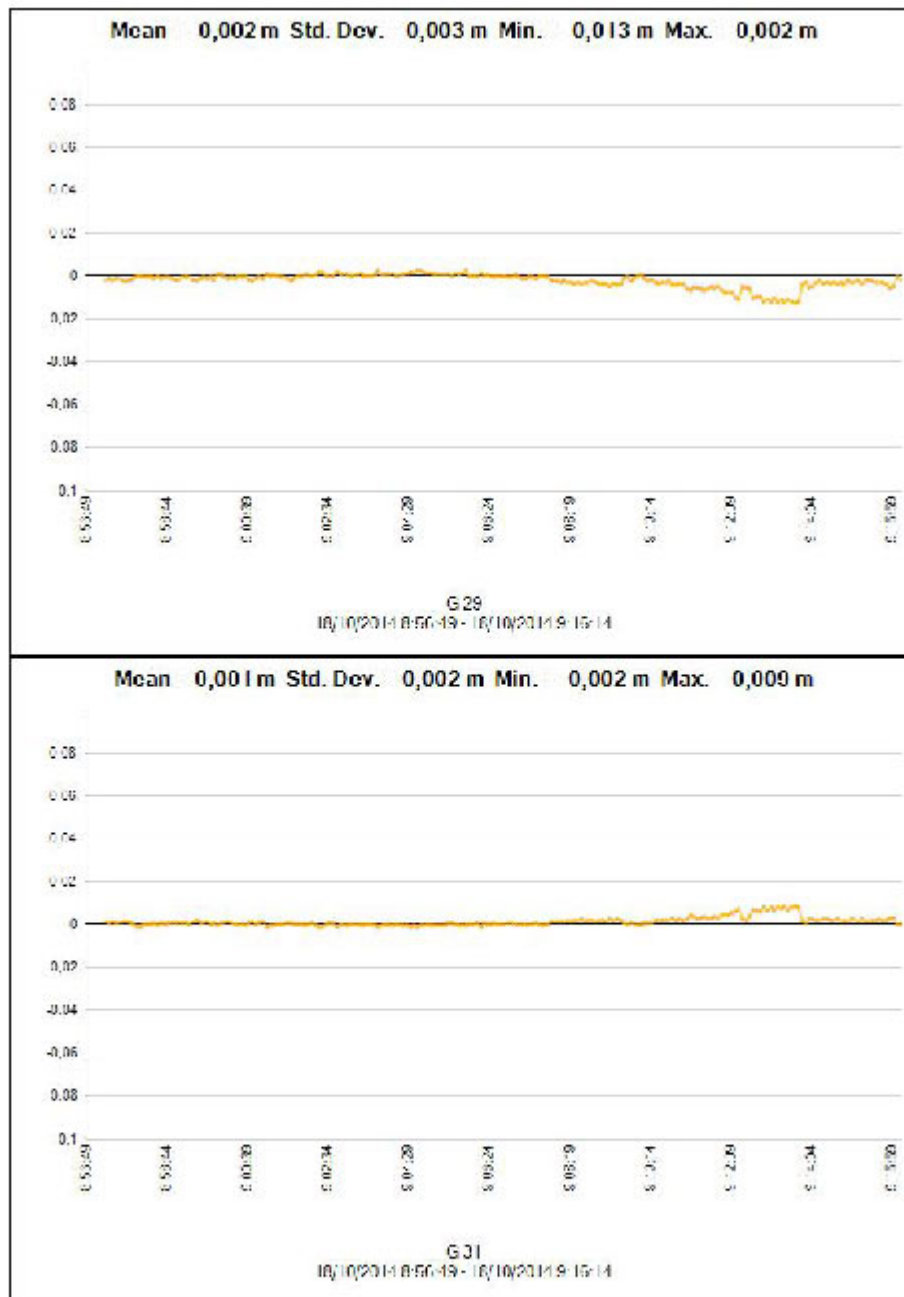
	From	To
Point ID:	10000	20000
Data file:	C:\Users\Rubén\Documents\PARTICULAR no completo\Ucles Fachada Principal \Oficina\TBC Postproceso\Monasterio de Uclés GPS Postproceso Finalizado \07942910.T02	C:\Users\Rubén\Documents\PARTICULAR no completo\Ucles Fachada Principal \Oficina\TBC Postproceso\Monasterio de Uclés GPS Postproceso Finalizado \37262910.T01
Receiver type:	R10	R8 Model 2
Receiver serial number:	5413460794	4723133726
Antenna type:	R10 Internal	R8 GNSS/SPS88x Internal
Antenna serial number:	-----	-----
Antenna height (measured):	1,546 m	0,200 m
Antenna method:	Lever of R10 extension	Bottom of antenna mount

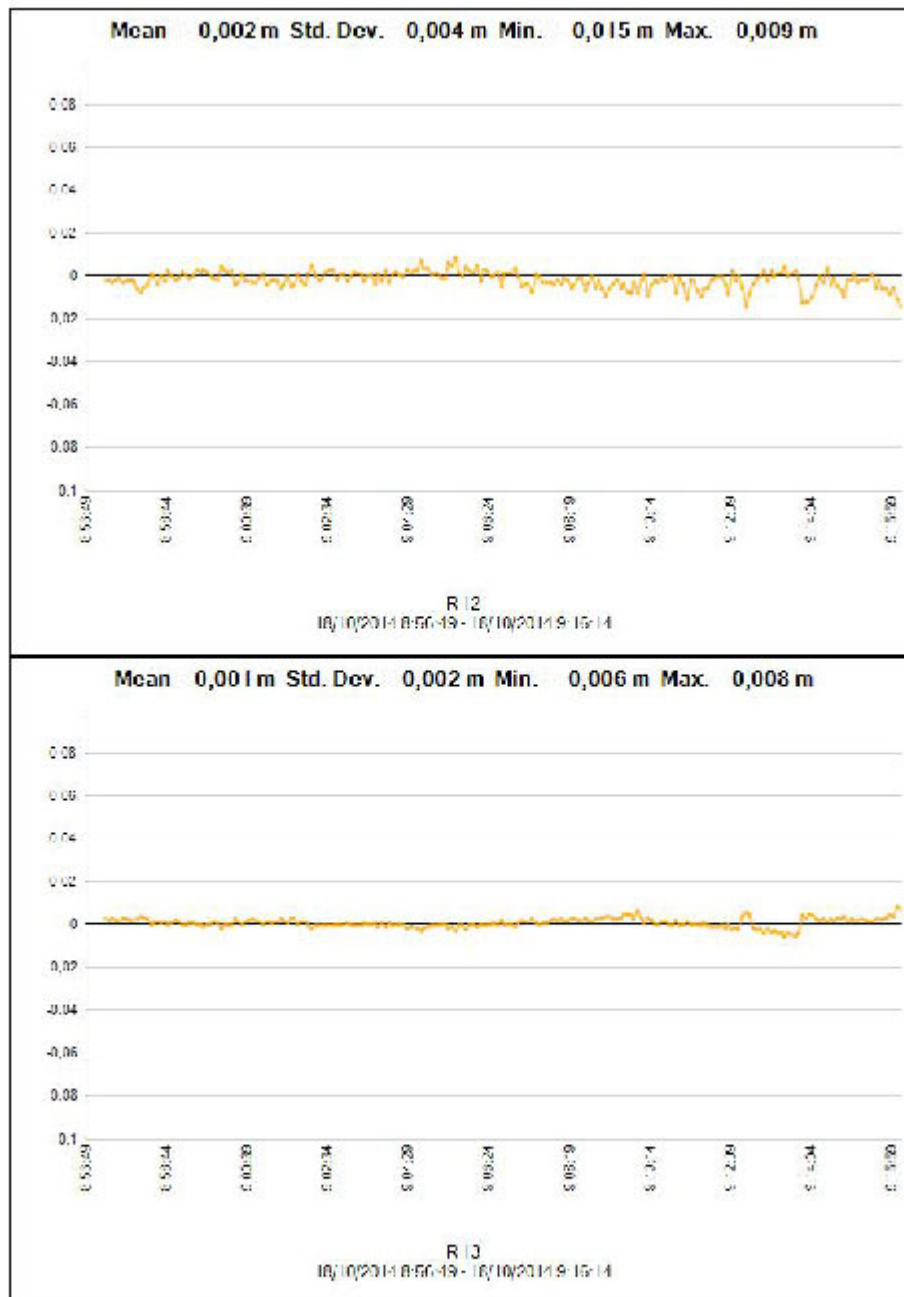
Tracking Summary

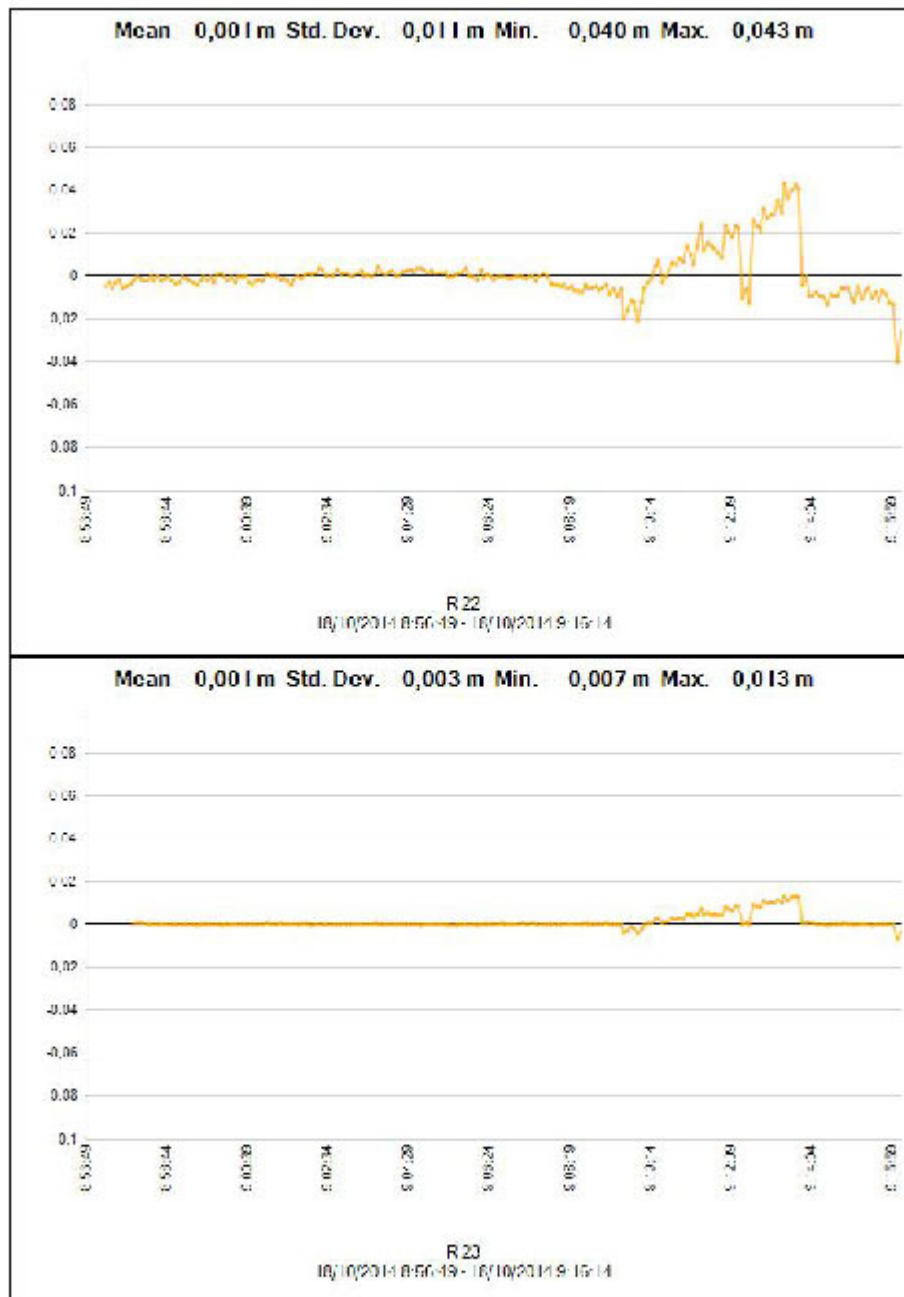


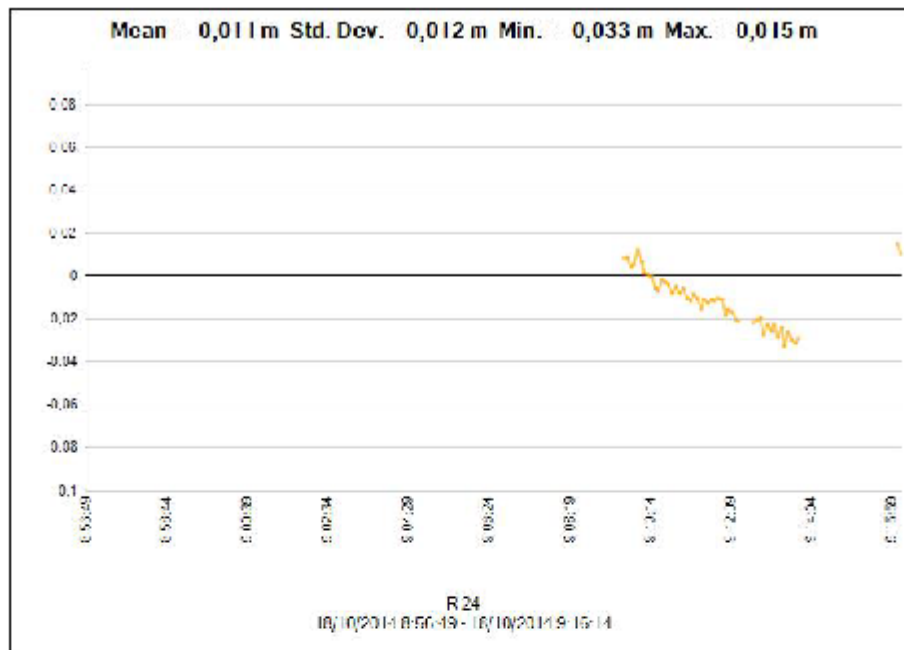
Residuals













Processing style

Elevation mask:	10,0 deg
Auto start processing:	Yes
Start automatic ID numbering:	AUTO0001
Continuous vectors:	No
Generate residuals:	Yes
Antenna model:	Automatic
Ephemeris type:	Automatic
Frequency:	Multiple Frequencies
Processing Interval:	Use all data
Force float:	No

Acceptance Criteria

Vector Component	Flag 	Fail 
Horizontal Precision >	0,010 m + 1,000 ppm	0,020 m + 1,000 ppm
Vertical Precision >	0,015 m + 1,000 ppm	0,030 m + 1,000 ppm

10000 - 50000 (12:28:34-12:43:59) (S6)

Baseline observation:	10000 — 50000 (B6)
Processed:	19/10/2014 14:03:02
Solution type:	Fixed
Frequency used:	Dual Frequency (L1, L2)
Horizontal precision:	0,009 m
Vertical precision:	0,011 m
RMS:	0,000 m
Maximum PDOP:	3,824
Ephemeris used:	Broadcast
Antenna model:	NGS Absolute
Processing start time:	18/10/2014 12:28:34 (Local: UTC+2hr)
Processing stop time:	18/10/2014 12:43:59 (Local: UTC+2hr)
Processing duration:	00:15:25
Processing interval:	5 seconds

Vector Components (Mark to Mark)

From: 10000					
Grid		Local		Global	
Easting	511705,478 m	Latitude	N39°58'47,63046"	Latitude	N39°58'47,63046"
Northing	4425535,023 m	Longitude	W2°51'46,47247"	Longitude	W2°51'46,47247"
Elevation	868,127 m	Height	920,127 m	Height	920,127 m
To: 50000					
Grid		Local		Global	
Easting	511617,418 m	Latitude	N39°58'47,88790"	Latitude	N39°58'47,88790"
Northing	4425542,825 m	Longitude	W2°51'50,18473"	Longitude	W2°51'50,18473"
Elevation	868,971 m	Height	920,970 m	Height	920,970 m
Vector					
ΔEasting	-88,059 m	NS Fwd Azimuth	275°09'05"	ΔX	-8,852 m
ΔNorthing	7,802 m	Ellipsoid Dist.	88,440 m	ΔY	-87,762 m
ΔElevation	0,844 m	ΔHeight	0,843 m	ΔZ	6,627 m

Standard Errors

Vector errors:					
$\sigma \Delta \text{Easting}$	0,002 m	$\sigma \text{ NS fwd Azimuth}$	0°00'08"	$\sigma \Delta X$	0,004 m
$\sigma \Delta \text{Northing}$	0,004 m	$\sigma \text{ Ellipsoid Dist.}$	0,002 m	$\sigma \Delta Y$	0,002 m
$\sigma \Delta \text{Elevation}$	0,006 m	$\sigma \Delta \text{Height}$	0,006 m	$\sigma \Delta Z$	0,005 m

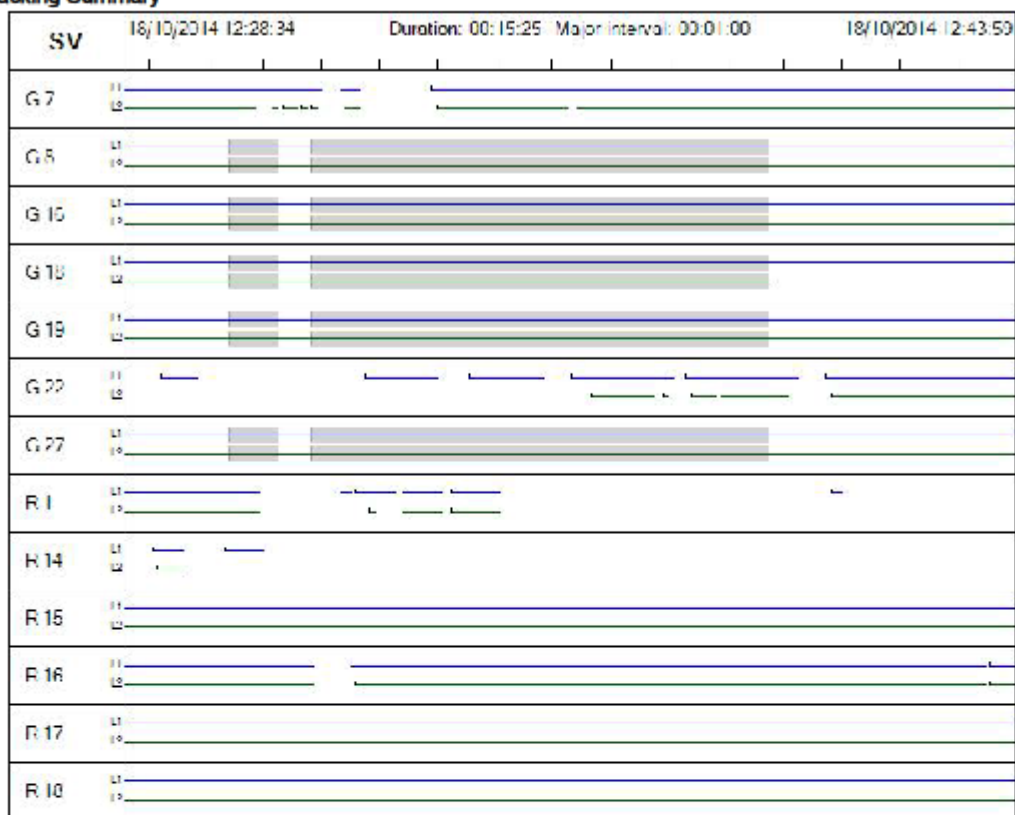
Aposteriori Covariance Matrix (Meter²)

	X	Y	Z
X	0,0000165595		
Y	-0,0000024425	0,0000039697	
Z	0,0000110366	-0,0000007017	0,0000289438

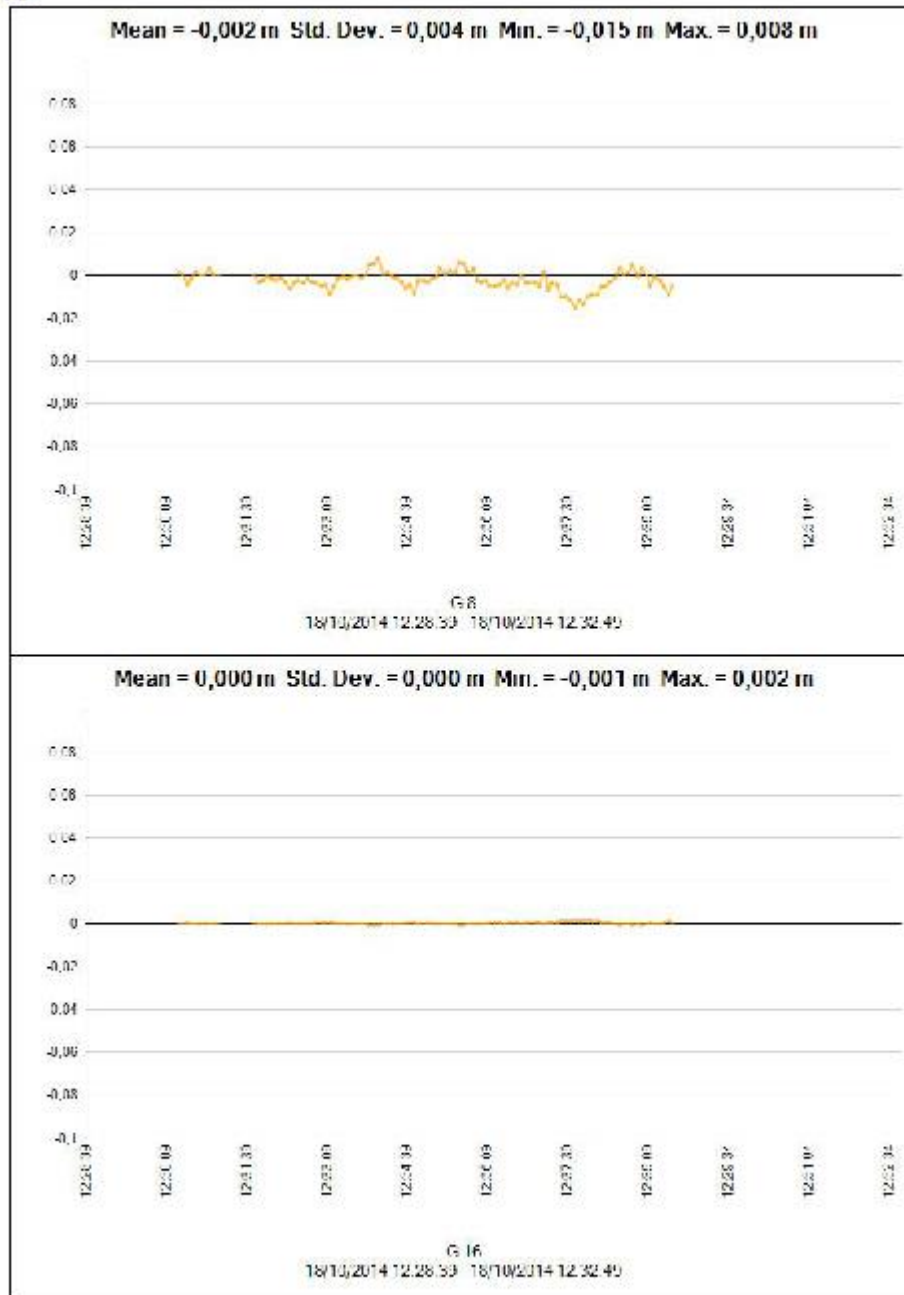
Occupations

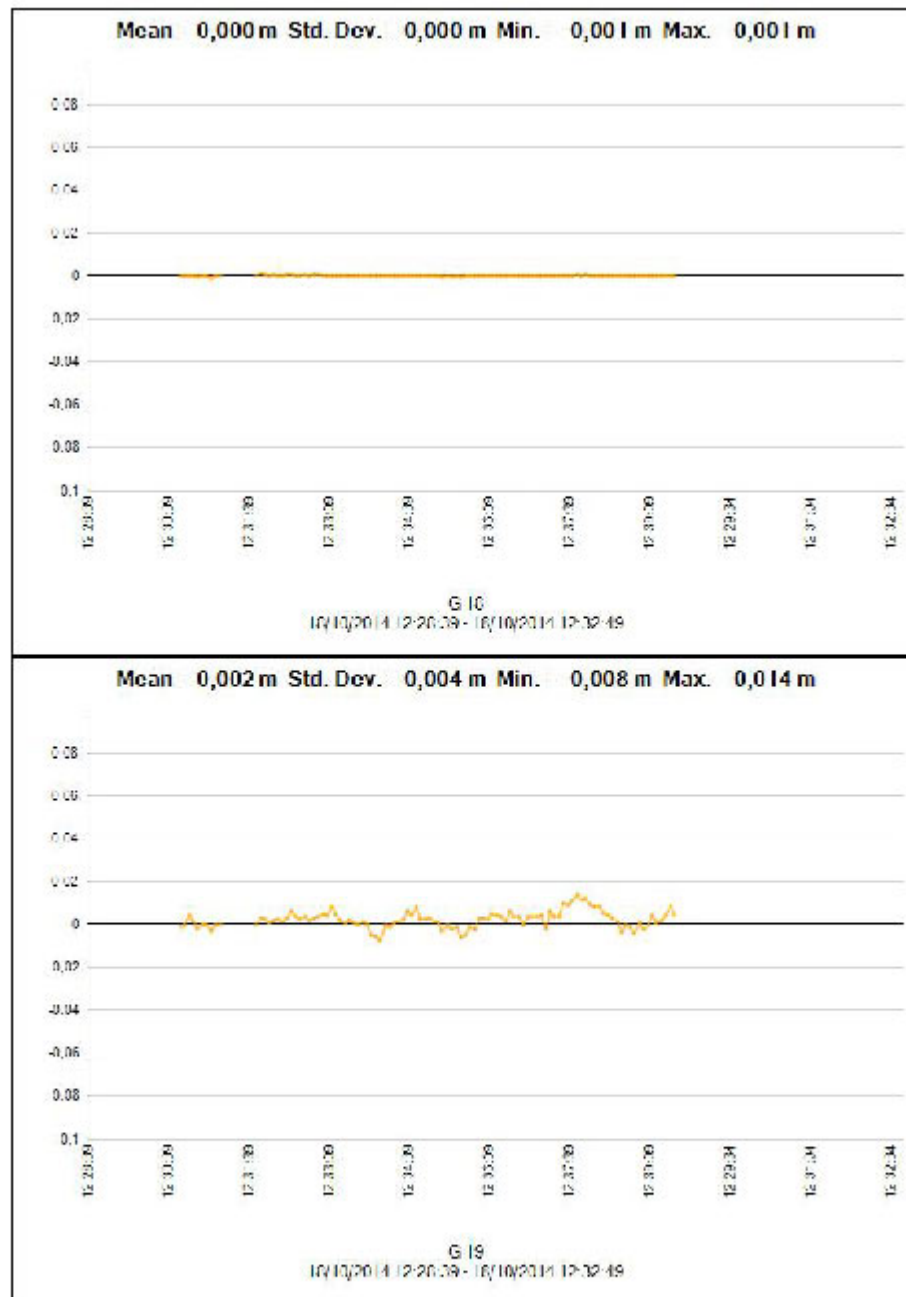
	From	To
Point ID:	10000	50000
Data file:	C:\Users\Rubén\Documents\PARTICULAR no completo\Ucles Fachada Principal \Oficina\TBC Postproceso\Monasterio de Uclés GPS Postproceso Finalizado \07942912.T02	C:\Users\Rubén\Documents\PARTICULAR no completo\Ucles Fachada Principal \Oficina\TBC Postproceso\Monasterio de Uclés GPS Postproceso Finalizado \72032913.T02
Receiver type:	R10	R8 Model 3
Receiver serial number:	5413460794	5247417203
Antenna type:	R10 Internal	R8 GNSS/SPS88x Internal
Antenna serial number:	-----	-----
Antenna height (measured):	1,546 m	0,200 m
Antenna method:	Bottom of quick release	Antenna Phase Center

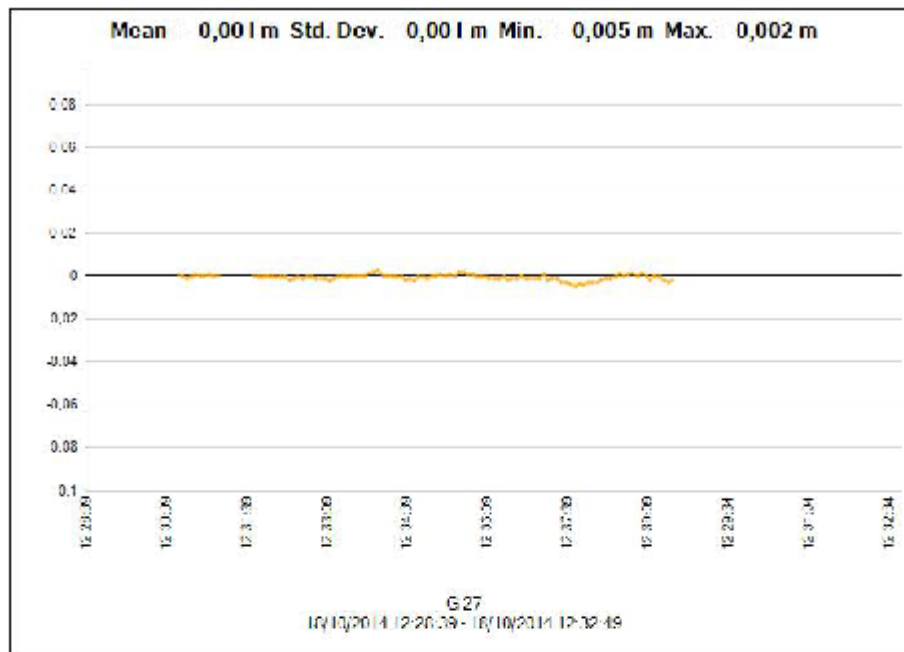
Tracking Summary



Residuals









Processing style

Elevation mask:	10,0 deg
Auto start processing:	Yes
Start automatic ID numbering:	AUTO0001
Continuous vectors:	No
Generate residuals:	Yes
Antenna model:	Automatic
Ephemeris type:	Automatic
Frequency:	Multiple Frequencies
Processing Interval:	Use all data
Force float:	No

Acceptance Criteria

Vector Component	Flag 	Fail 
Horizontal Precision >	0,010 m + 1,000 ppm	0,020 m + 1,000 ppm
Vertical Precision >	0,015 m + 1,000 ppm	0,030 m + 1,000 ppm

30000 - 40000 (9:18:49-9:41:14) (S3)

Baseline observation:	30000 — 40000 (B3)
Processed:	19/10/2014 14:03:08
Solution type:	Fixed
Frequency used:	Dual Frequency (L1, L2)
Horizontal precision:	0,005 m
Vertical precision:	0,009 m
RMS:	0,000 m
Maximum PDOP:	4,060
Ephemeris used:	Broadcast
Antenna model:	NGS Absolute
Processing start time:	18/10/2014 9:18:49 (Local: UTC+2hr)
Processing stop time:	18/10/2014 9:41:14 (Local: UTC+2hr)
Processing duration:	00:22:25
Processing interval:	5 seconds

Vector Components (Mark to Mark)

From: 30000					
Grid		Local		Global	
Easting	511699,633 m	Latitude	N39°58'47,79415"	Latitude	N39°58'47,79414"
Northing	4425540,060 m	Longitude	W2°51'46,71858"	Longitude	W2°51'46,71858"
Elevation	869,643 m	Height	921,643 m	Height	921,643 m
To: 40000					
Grid		Local		Global	
Easting	511674,712 m	Latitude	N39°58'47,34417"	Latitude	N39°58'47,34416"
Northing	4425526,149 m	Longitude	W2°51'47,77018"	Longitude	W2°51'47,77018"
Elevation	869,349 m	Height	921,349 m	Height	921,349 m
Vector					
ΔEasting	-24,921 m	NS Fwd Azimuth	240°55'00"	ΔX	7,436 m
ΔNorthing	-13,911 m	Ellipsoid Dist.	28,552 m	ΔY	-25,359 m
ΔElevation	-0,294 m	ΔHeight	-0,294 m	ΔZ	-10,825 m

Standard Errors

Vector errors:					
$\sigma \Delta \text{Easting}$	0,002 m	$\sigma \text{ NS fwd Azimuth}$	0°00'13"	$\sigma \Delta X$	0,004 m
$\sigma \Delta \text{Northing}$	0,001 m	$\sigma \text{ Ellipsoid Dist.}$	0,001 m	$\sigma \Delta Y$	0,002 m
$\sigma \Delta \text{Elevation}$	0,005 m	$\sigma \Delta \text{Height}$	0,005 m	$\sigma \Delta Z$	0,003 m

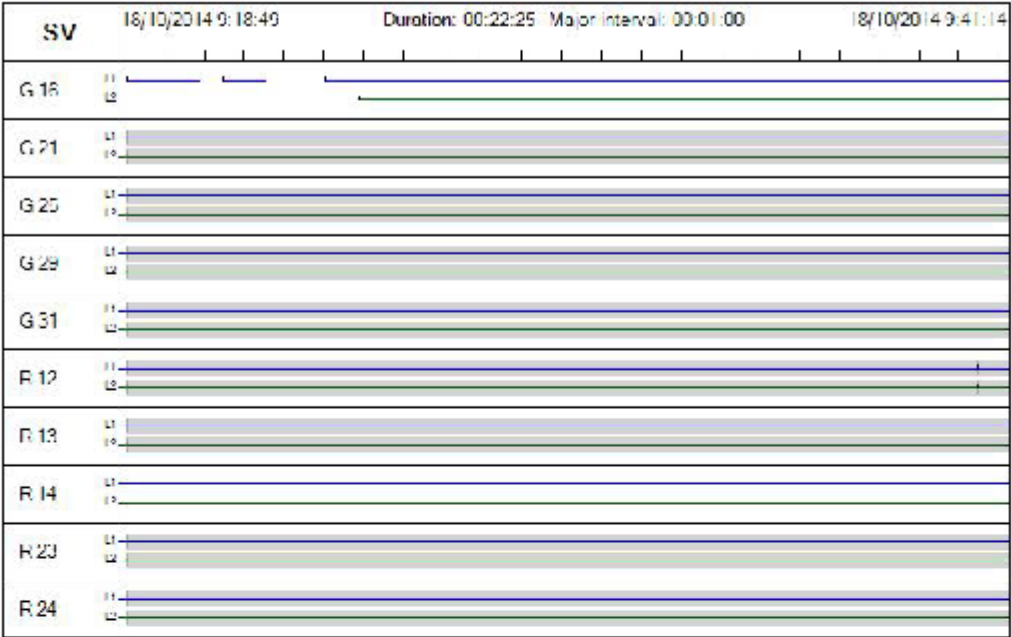
Aposteriori Covariance Matrix (Meter²)

	X	Y	Z
X	0,0000161593		
Y	0,0000051738	0,0000025892	
Z	0,0000088396	0,0000026373	0,0000062858

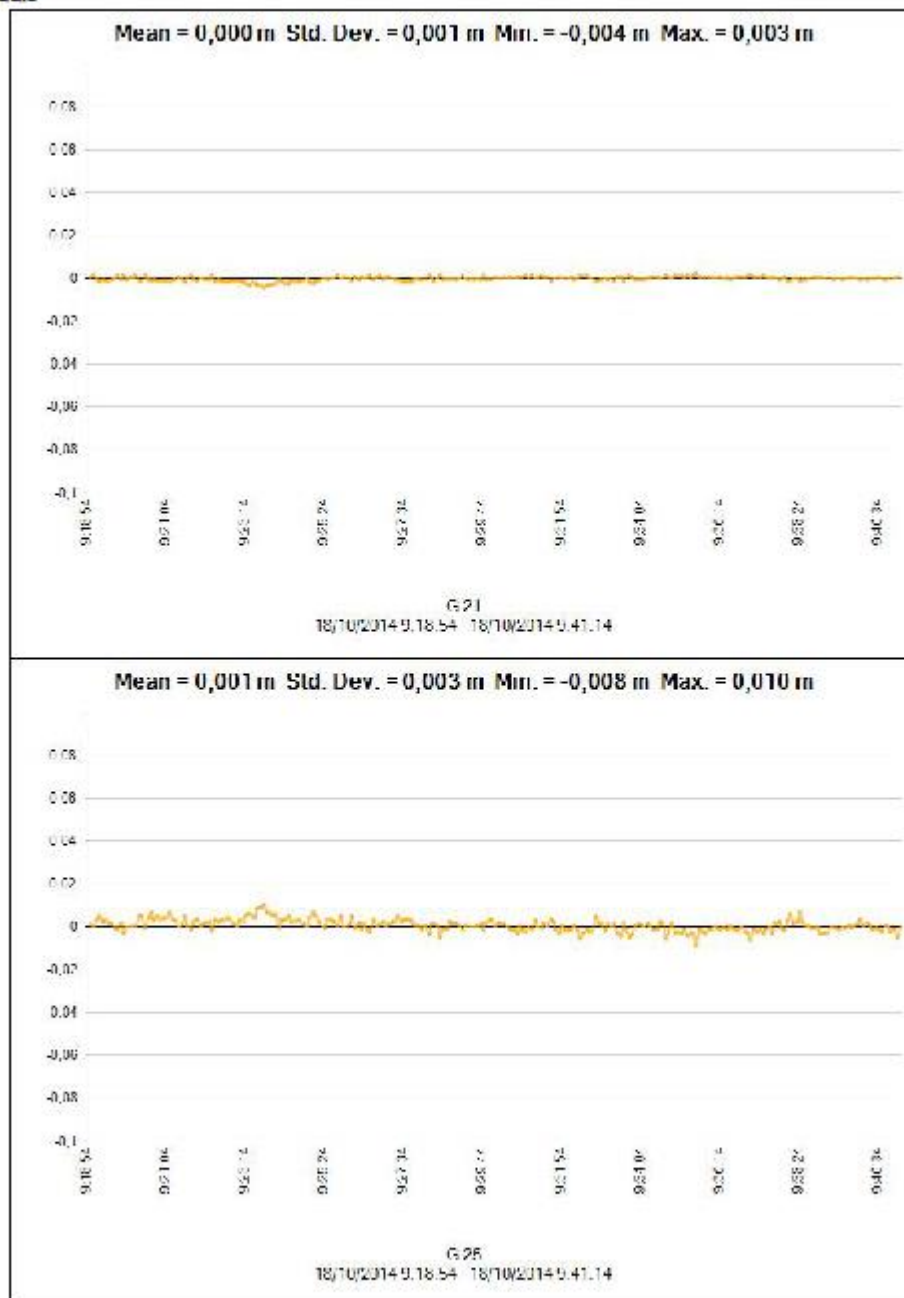
Occupations

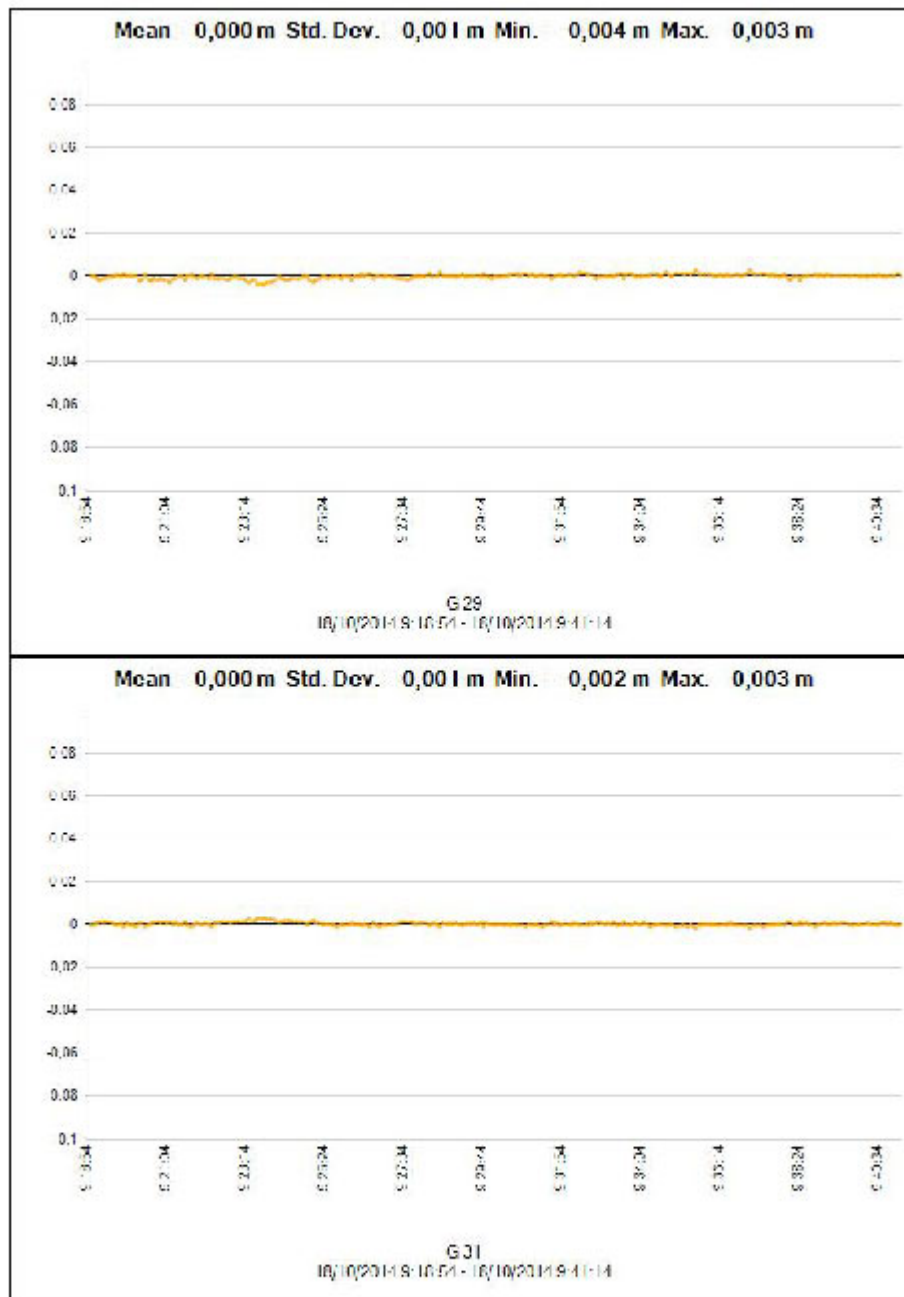
	From	To
Point ID:	30000	40000
Data file:	C:\Users\Rubén\Documents\PARTICULAR no completo\Ucles Fachada Principal \Oficina\TBC Postproceso\Monasterio de Uclés GPS Postproceso Finalizado \72032911.T02	C:\Users\Rubén\Documents\PARTICULAR no completo\Ucles Fachada Principal \Oficina\TBC Postproceso\Monasterio de Uclés GPS Postproceso Finalizado \37262911.T01
Receiver type:	R8 Model 3	R8 Model 2
Receiver serial number:	5247417203	4723133726
Antenna type:	R8 GNSS/SPS88x Internal	R8 GNSS/SPS88x Internal
Antenna serial number:	-----	-----
Antenna height (measured):	0,200 m	0,200 m
Antenna method:	Antenna Phase Center	Bottom of antenna mount

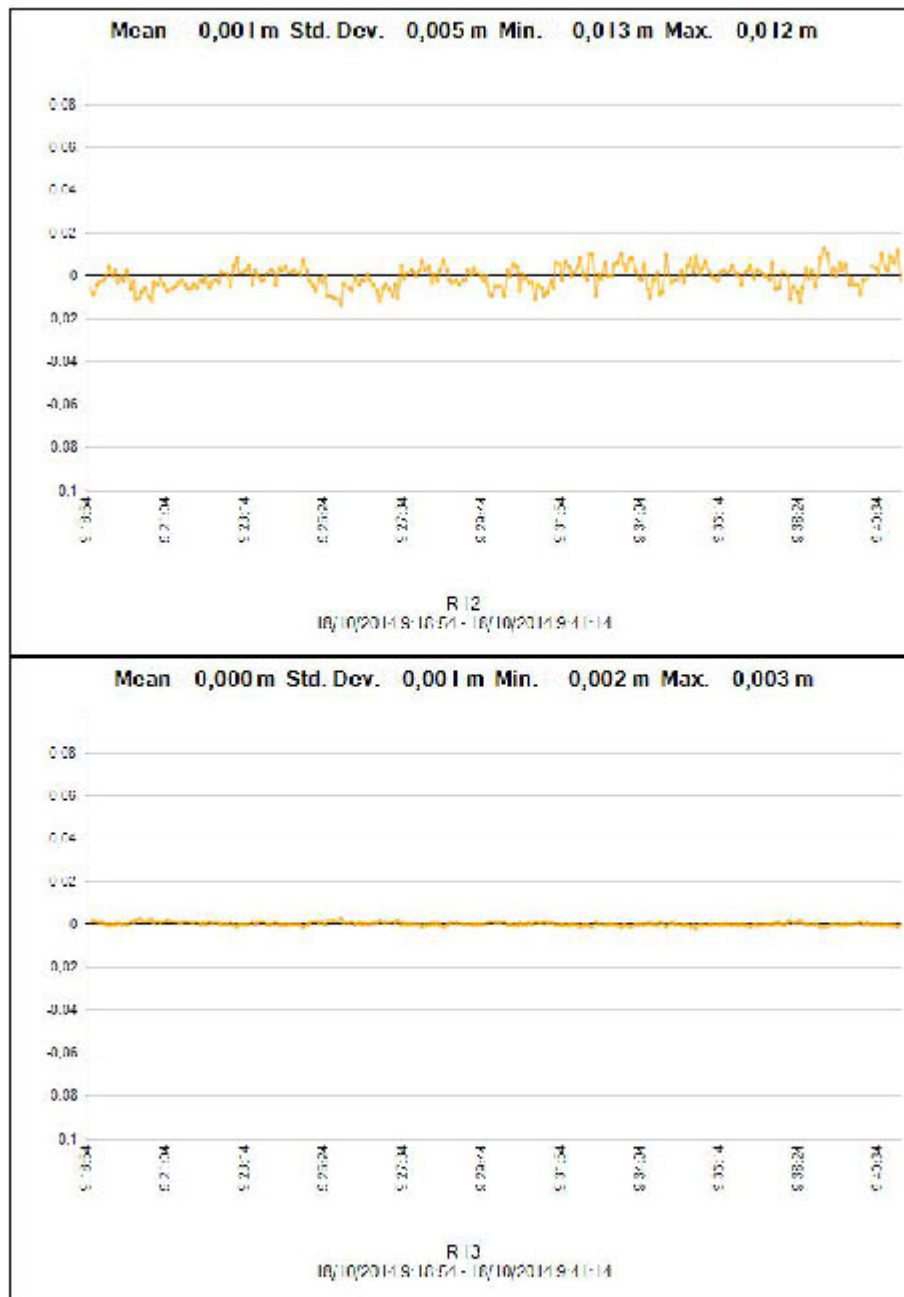
Tracking Summary

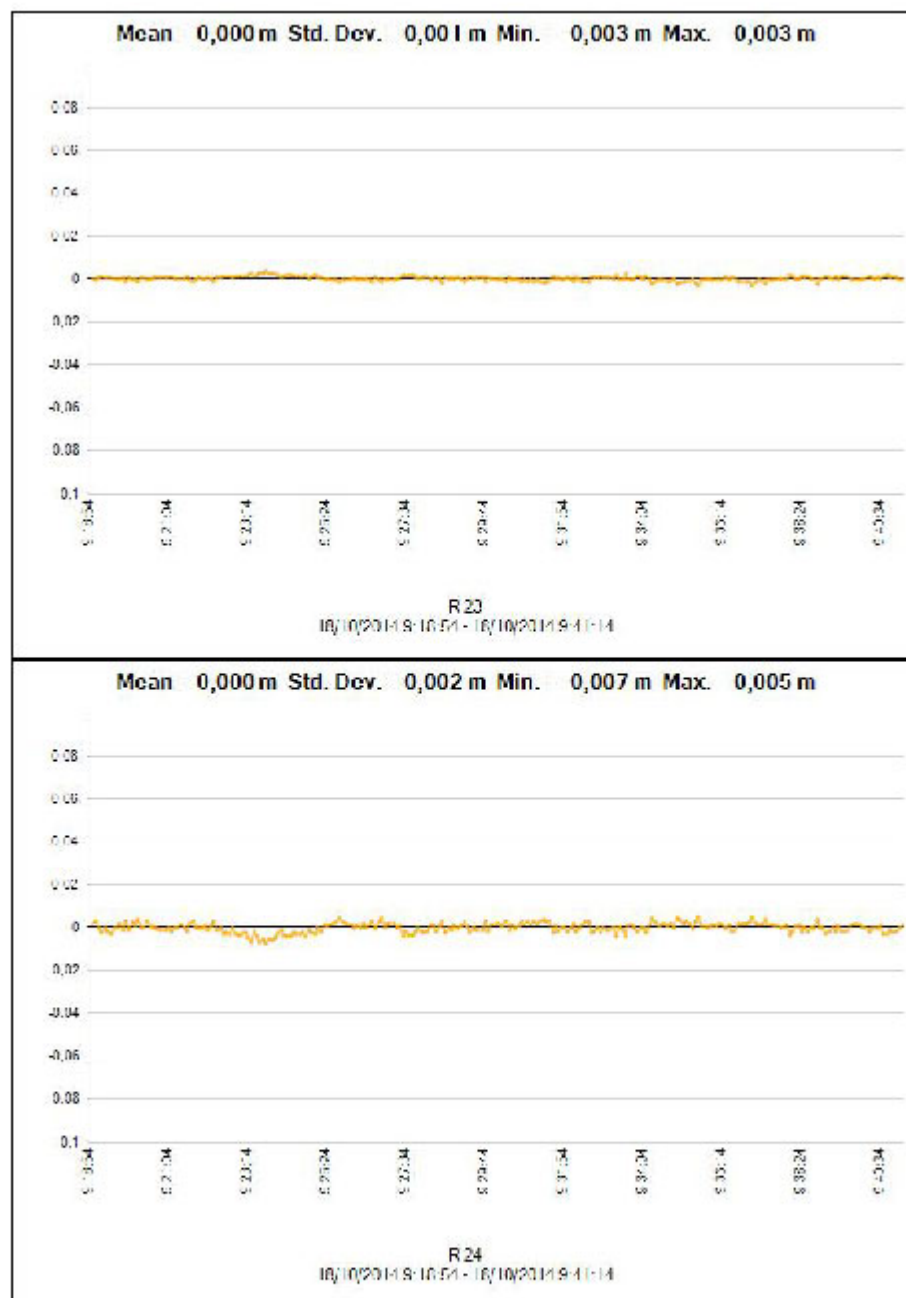


Residuals











Processing style

Elevation mask:	10,0 deg
Auto start processing:	Yes
Start automatic ID numbering:	AUTO0001
Continuous vectors:	No
Generate residuals:	Yes
Antenna model:	Automatic
Ephemeris type:	Automatic
Frequency:	Multiple Frequencies
Processing Interval:	Use all data
Force float:	No

Acceptance Criteria

Vector Component	Flag 	Fail 
Horizontal Precision >	0,010 m + 1,000 ppm	0,020 m + 1,000 ppm
Vertical Precision >	0,015 m + 1,000 ppm	0,030 m + 1,000 ppm

10000 - 30000 (9:01:29-9:46:14) (S5)

Baseline observation:	10000 — 30000 (B5)
Processed:	19/10/2014 14:03:05
Solution type:	Fixed
Frequency used:	Dual Frequency (L1, L2)
Horizontal precision:	0,003 m
Vertical precision:	0,006 m
RMS:	0,000 m
Maximum PDOP:	4,488
Ephemeris used:	Broadcast
Antenna model:	NGS Absolute
Processing start time:	18/10/2014 9:01:29 (Local: UTC+2hr)
Processing stop time:	18/10/2014 9:46:14 (Local: UTC+2hr)
Processing duration:	00:44:45
Processing interval:	5 seconds

Vector Components (Mark to Mark)

From:	10000				
	Grid		Local		Global
Easting	511705,478 m	Latitude	N39°58'47,63046"	Latitude	N39°58'47,63046"
Northing	4425535,023 m	Longitude	W2°51'46,47247"	Longitude	W2°51'46,47247"
Elevation	868,127 m	Height	920,127 m	Height	920,127 m

To:	30000				
	Grid		Local		Global
Easting	511699,633 m	Latitude	N39°58'47,79415"	Latitude	N39°58'47,79414"
Northing	4425540,060 m	Longitude	W2°51'46,71858"	Longitude	W2°51'46,71858"
Elevation	869,643 m	Height	921,643 m	Height	921,643 m

Vector					
Δ Easting	-5,845 m	NS Fwd Azimuth	310°50'43"	Δ X	-2,372 m
Δ Northing	5,038 m	Ellipsoid Dist.	7,719 m	Δ Y	-5,729 m
Δ Elevation	1,516 m	Δ Height	1,516 m	Δ Z	4,843 m

Standard Errors

Vector errors:					
σ Δ Easting	0,001 m	σ NS fwd Azimuth	0°00'18"	σ Δ X	0,003 m
σ Δ Northing	0,001 m	σ Ellipsoid Dist.	0,001 m	σ Δ Y	0,001 m
σ Δ Elevation	0,003 m	σ Δ Height	0,003 m	σ Δ Z	0,002 m

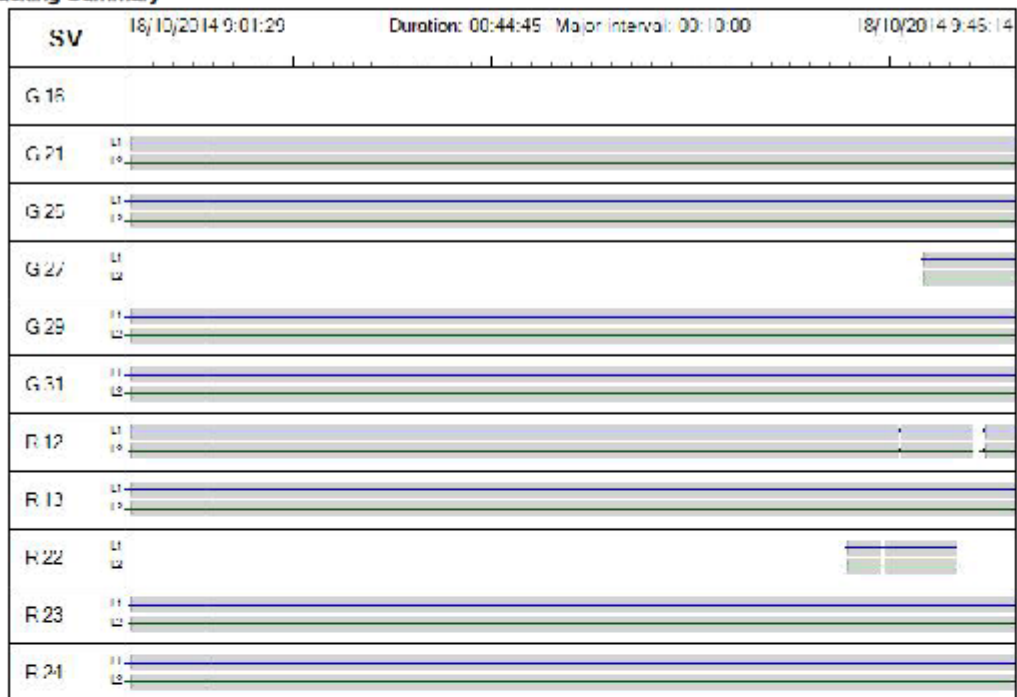
Aposteriori Covariance Matrix (Meter²)

	X	Y	Z
X	0,0000078697		
Y	0,0000022019	0,0000011496	
Z	0,0000041759	0,0000010459	0,0000030532

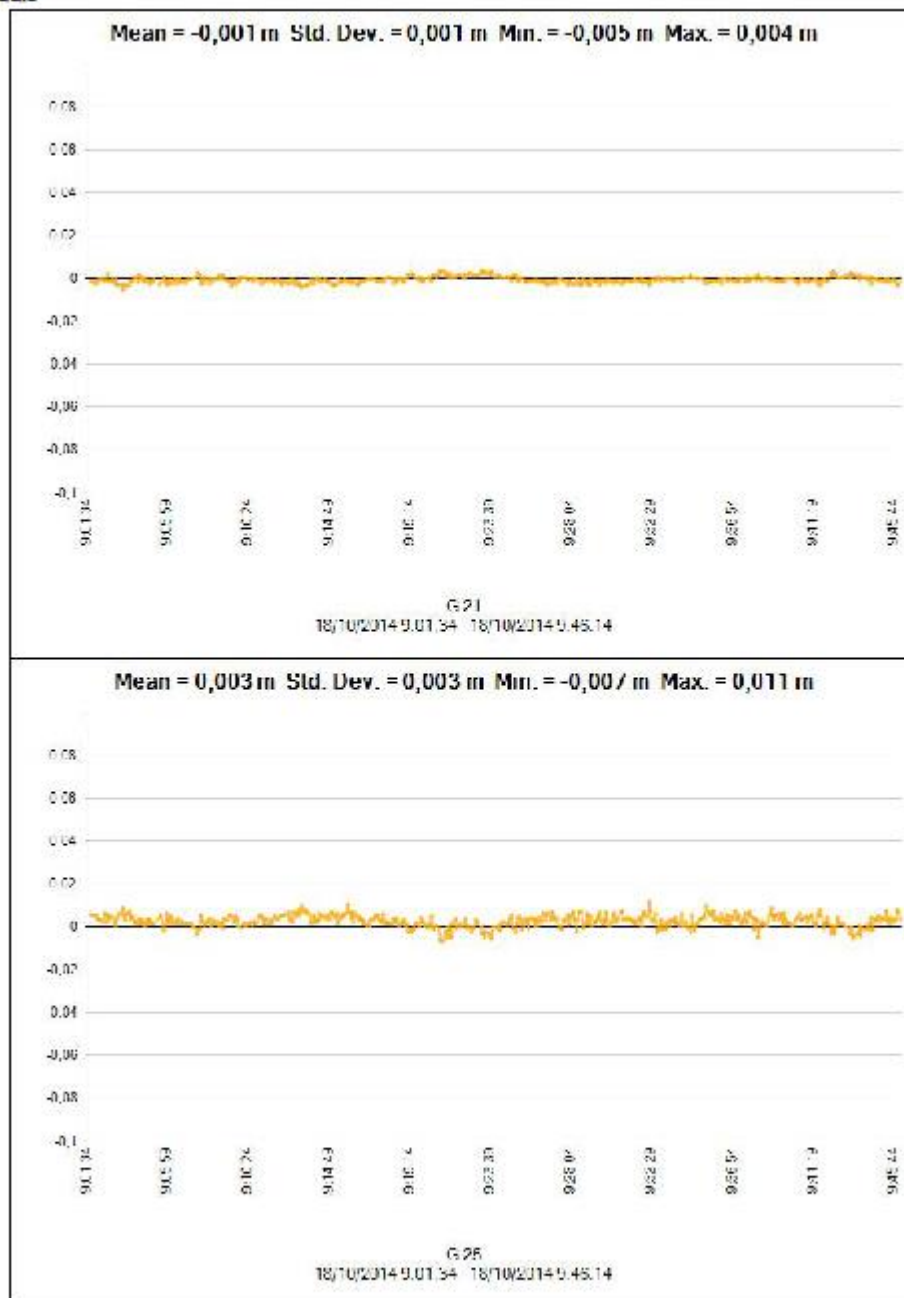
Occupations

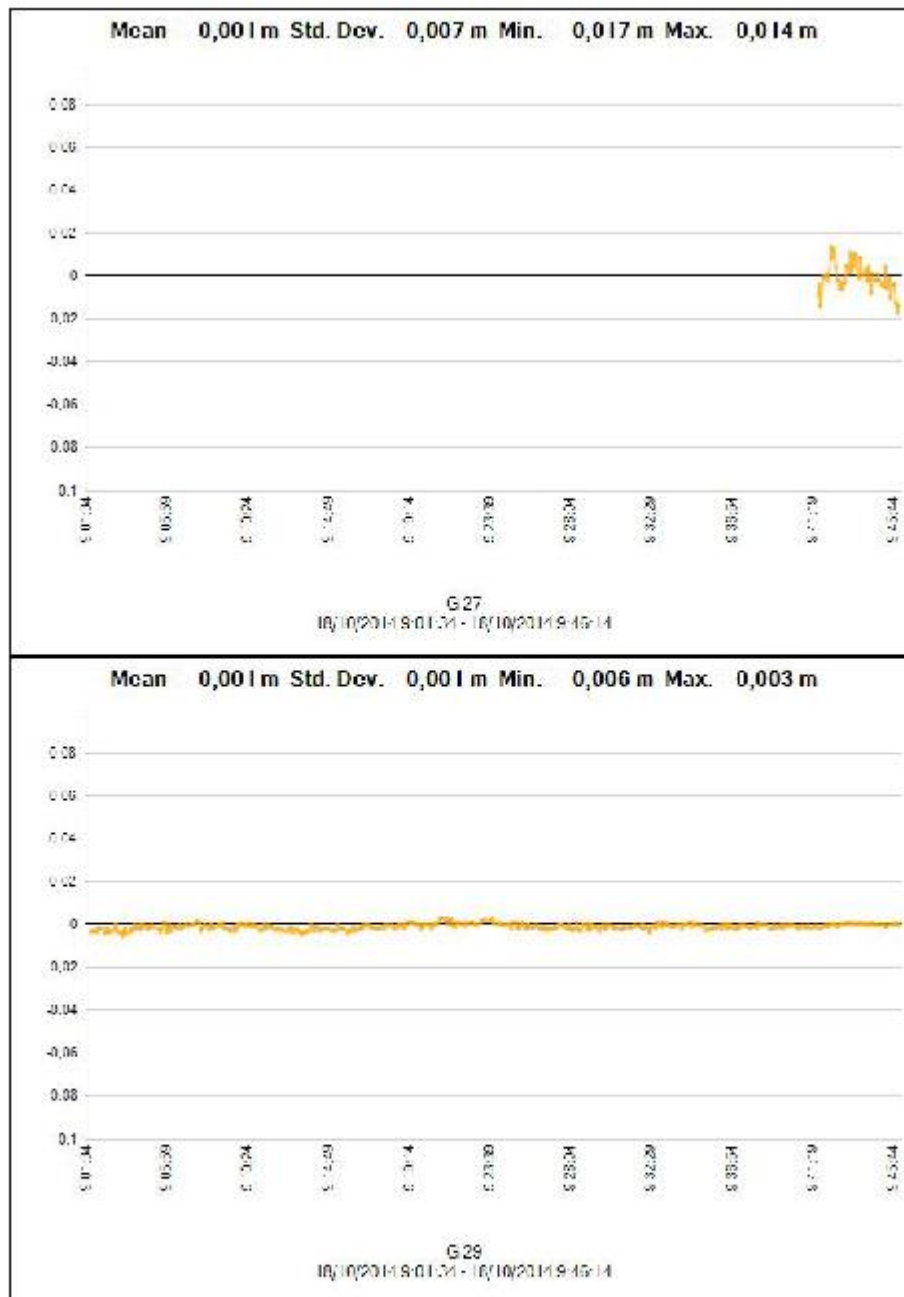
	From	To
Point ID:	10000	30000
Data file:	C:\Users\Rubén\Documents\PARTICULAR no completo\Ucles Fachada Principal \Oficina\TBC Postproceso\Monasterio de Uclés GPS Postproceso Finalizado \07942910.T02	C:\Users\Rubén\Documents\PARTICULAR no completo\Ucles Fachada Principal \Oficina\TBC Postproceso\Monasterio de Uclés GPS Postproceso Finalizado \72032911.T02
Receiver type:	R10	R8 Model 3
Receiver serial number:	5413460794	5247417203
Antenna type:	R10 Internal	R8 GNSS/SPS88x Internal
Antenna serial number:	-----	-----
Antenna height (measured):	1,546 m	0,200 m
Antenna method:	Lever of R10 extension	Antenna Phase Center

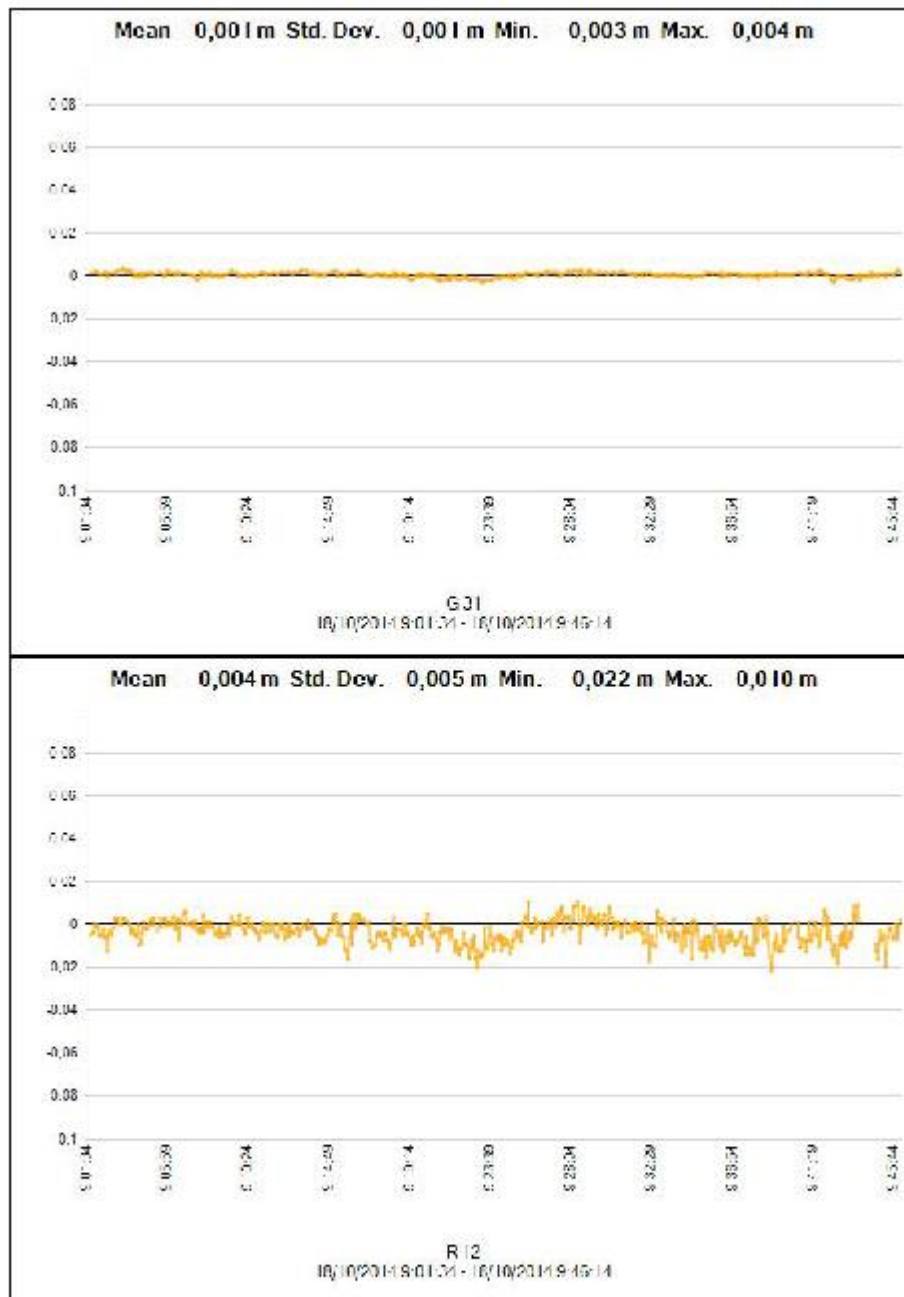
Tracking Summary

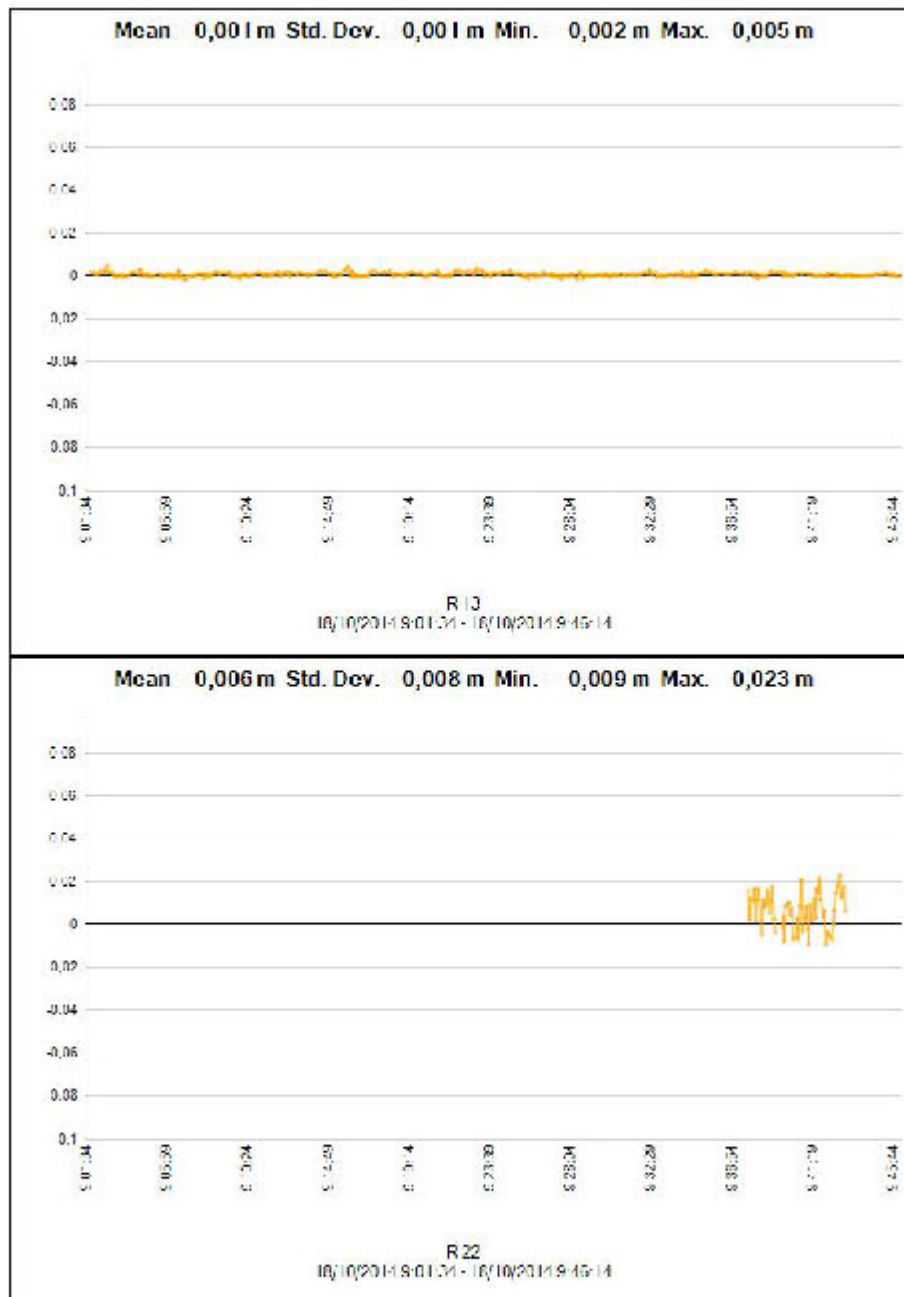


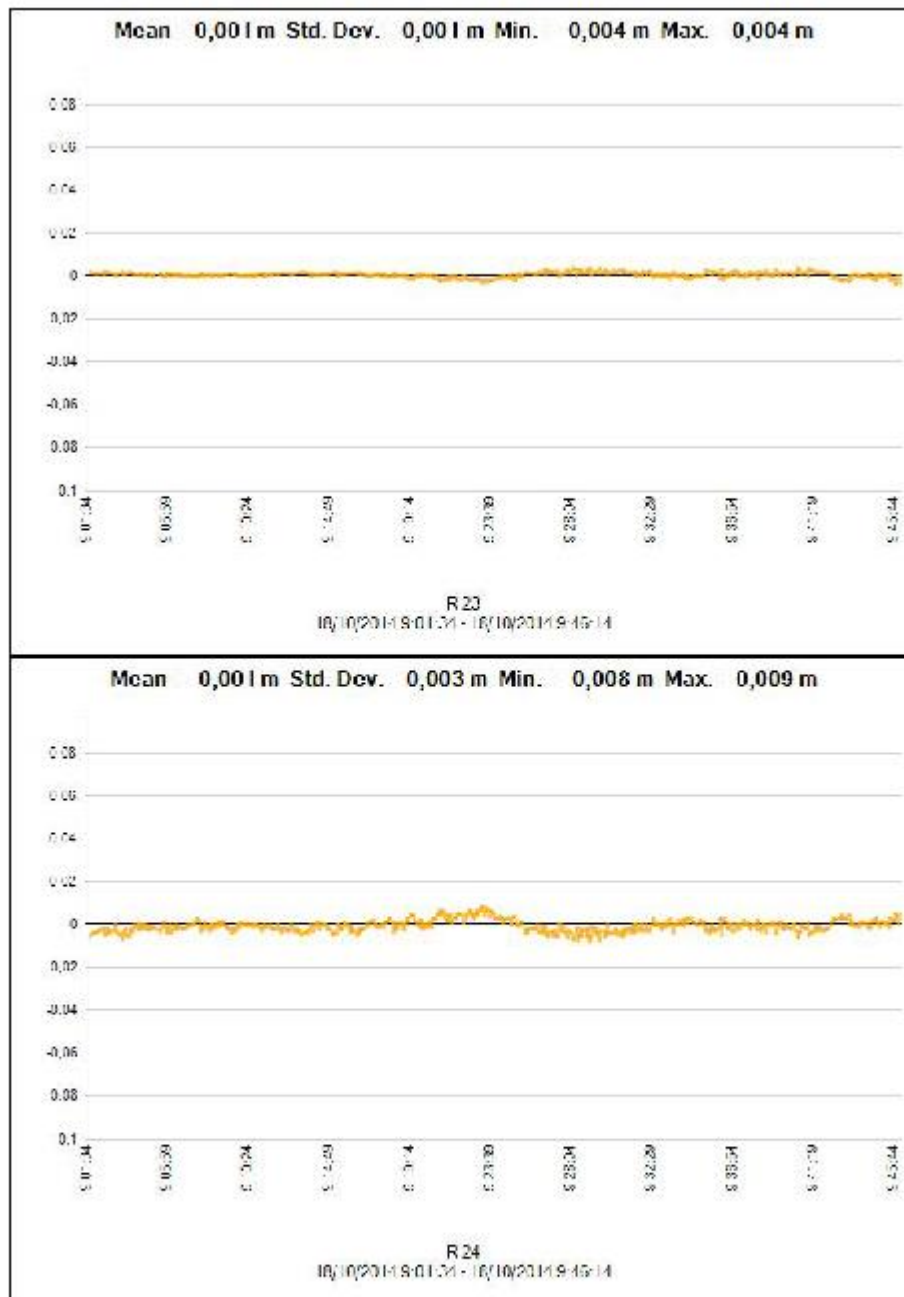
Residuals













Processing style

Elevation mask: 10,0 deg
 Auto start processing: Yes
 Start automatic ID numbering: AUTO0001
 Continuous vectors: No
 Generate residuals: Yes
 Antenna model: Automatic
 Ephemeris type: Automatic
 Frequency: Multiple Frequencies
 Processing Interval: Use all data
 Force float: No

Acceptance Criteria

Vector Component	Flag 	Fail 
Horizontal Precision >	0,010 m + 1,000 ppm	0,020 m + 1,000 ppm
Vertical Precision >	0,015 m + 1,000 ppm	0,030 m + 1,000 ppm

18/10/2014 14:12:34	C:\Users\Rubén\Documents\PARTICULAR no completo\Ucles Fachada Principal\Oficina\TBC Postproceso\Monasterio de Uclés GPS Postproceso Finalizado.vce	Trimble Business Center
---------------------	--	-------------------------

3. Precisión absoluta del modelo

Una vez conocidas las incertidumbres cometidas en los diferentes pasos del proceso de creación de los modelos, el error total del proyecto será el error medio cuadrático de todos ellos, es decir, se tendrá en cuenta la precisión relativa del modelo y la precisión en la georreferenciación.

La precisión relativa del modelo o precisión interna, será el resultado de la componente cuadrática de estos valores:

$$E_r = \sqrt{2.19^2 + 8.92^2 + 2.9^2 + 3^2} = 10.09mm$$

La precisión en la georreferenciación:

$$E_{geo} = \sqrt{6.51^2 + 10^2 + 10^2 + 12^2 + 13^2} = 24mm$$

La precisión absoluta será la que corresponde a la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de cada una de las componentes:

$$E_{total} = EMC = \sqrt{E_r^2 + E_{geo}^2} = \sqrt{10^2 + 24^2} = 26mm$$

Puesto que el objetivo del proyecto era obtener una precisión centimétrica en el modelo, llegados a este resultado vemos que hemos conseguido ampliamente este propósito de partida (10 mm); y que el modelo ha quedado situado geográficamente con una precisión de 2.5 cm.

7. OBTENCIÓN DE PRODUCTOS FINALES

7.1. INTRODUCCIÓN

Una vez que la malla está generada, editada y lista para trabajar, que es la fase más laboriosa del proyecto, ya se puede empezar a obtener diferentes productos finales en función de las necesidades presentes y futuras. El tiempo invertido en la generación de todos los posibles productos finales, es relativamente pequeño en comparación a todo el tiempo invertido en la generación del modelo, lo que es una de las ventajas de trabajar con la metodología láser escáner.

En este proyecto los objetivos son realizar el modelo digital 3D de la fachada principal del Monasterio de Santiago de Uclés y generar a partir de él una ortofoto y un vídeo divulgativo.



Figuras 7.1: Modelo 3D de la Fachada Principal de Uclés

7.2. GENERACIÓN DE ORTOFOTOS

Una ortofoto es una imagen planimétrica correcta, donde sus rasgos están en verdaderas posiciones ortográficas, se trata de un producto compuesto por una fotografía (imagen) y un modelo de elevación digital. La foto y el MED son procesados, para finalmente producir una foto que tiene el relieve y el desplazamiento de la perspectiva removido, de tal manera posee las mismas propiedades que un mapa normal pudiéndose utilizar directamente para hacer mapas. Por todo esto, cualquier medición hecha desde la ortofoto es planimétricamente correcta, pudiendo ser colocada debajo de datos vectoriales para apoyar la visualización y mejorar la estética.

Tras la introducción a cerca de las ortofotos, su finalidad e importancia en el aspecto arquitectónico y topográfico, se explica la forma de proceder en el programa, para su obtención:

Modo Office Survey → Office Survey → Menú → Herramienta Ortoproyección

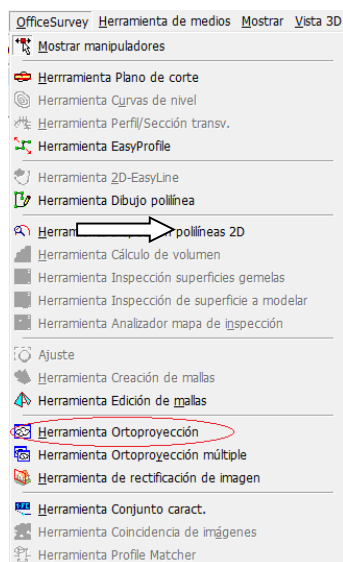


Figura 7.2: Menú de herramientas

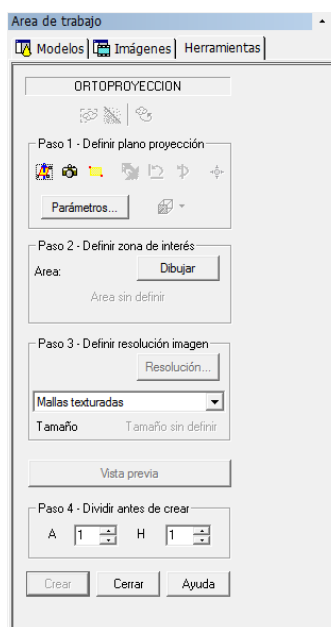


Figura 7.3: Herramienta de ortoproyección

Inmediatamente después, aparece en el árbol de trabajo la herramienta ortoproyección, la cual se ejecuta mediante cuatro pasos:

1. Definición el plano de proyección, para ello se selecciona tres puntos en pantalla sobre la fachada, teniendo en cuenta que estos tres puntos han de encontrarse sobre el mismo plano.
2. Selección del área de interés, es decir, la zona de la cual se quiere obtener la ortoproyección, esto se lleva a cabo mediante un cercado.
3. Definimos la imagen, teniendo dos opciones, por un lado la de generar la ortoproyección de la malla con y sin textura.
4. Por último se señalan las opciones de vista previa, crear y cerrar, y automáticamente se genera el resultado esperado.

En este proyecto vamos a generar dos ortofotos de la fachada principal completa, una con texturas con una resolución de 20 mm, cuyo fin es más visual, y otra sin textura y resolución de 8 mm, dónde se aprecian más los detalles y su precisión es mayor, ya que se eliminan los errores resultantes de dar textura al modelo a partir de las fotografías.

Una vez obtenidas las dos ortofotos las exportamos a un programa de CAD, editamos una cartela a escala 1:150 y el resultado final será el que vemos a continuación:



PLANO DE SITUACIÓN

El objetivo de este Proyecto Fin de Carrera (PFC) es obtener la representación tridimensional de la fachada principal del monumento de Santiago de Ucles, monumento de interés histórico y artístico. En concreto se ha seguido la metodología constructiva por parte de Blender por ser representativa del formato y del medio digitalizado. Con esta metodología se ha podido representar el monumento en un entorno virtual, con las medidas tomadas para proyectar la construcción, así como obtener resultados con una función de iluminación.

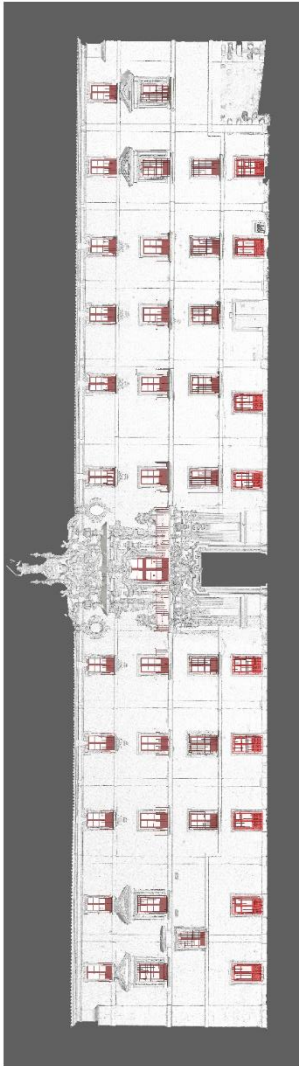
El modelo 3D se ha creado a partir de un modelo 2D que se ha obtenido a través de la fotografía aérea y se ha utilizado para generar una serie de planos de corte y secciones transversales y longitudinales, así como un modelo 3D que se ha utilizado para la generación de la fachada principal del monumento.

La misma información se ha utilizado para generar una serie de planos de corte y secciones transversales y longitudinales, así como un modelo 3D que se ha utilizado para la generación de la fachada principal del monumento.

El modelo 3D se ha creado a partir de un modelo 2D que se ha obtenido a través de la fotografía aérea y se ha utilizado para generar una serie de planos de corte y secciones transversales y longitudinales, así como un modelo 3D que se ha utilizado para la generación de la fachada principal del monumento.



FACHADA PRINCIPAL CON TEXTURA - 20 MM DE RESOLUCIÓN



FACHADA PRINCIPAL - 8 MM DE RESOLUCIÓN

MODELIZACIÓN 3D DE LA FACHADA PRINCIPAL DEL MONUMENTO DE SANTIAGO DE UCLES

Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodésia y Cartografía

ALZADO - FACHADA PRINCIPAL

1/150

Alumno: Rubén Burón Fernández

Tutor: Mercedes Fariñas Abadía

PFC Julio 2015

7.3. GENERACIÓN DE VIDEO DIVULGATIVO

El programa RealWorks ofrece la posibilidad de generar un video divulgativo como método de representación de los resultados tras el modelado 3D, se trata de una de las herramientas más potentes del programa. Es recomendable su utilización para la visualización de los resultados, pues resulta la manera más atractiva de mostrar el producto al cliente final sin necesidad que tenga un perfil técnico ni de programas específicos de gestión de modelos 3D.

La forma de proceder en este caso sería desde Office Survey siguiendo la siguiente secuencia:

Modo Office Survey → Herramienta de medios → Creador de video

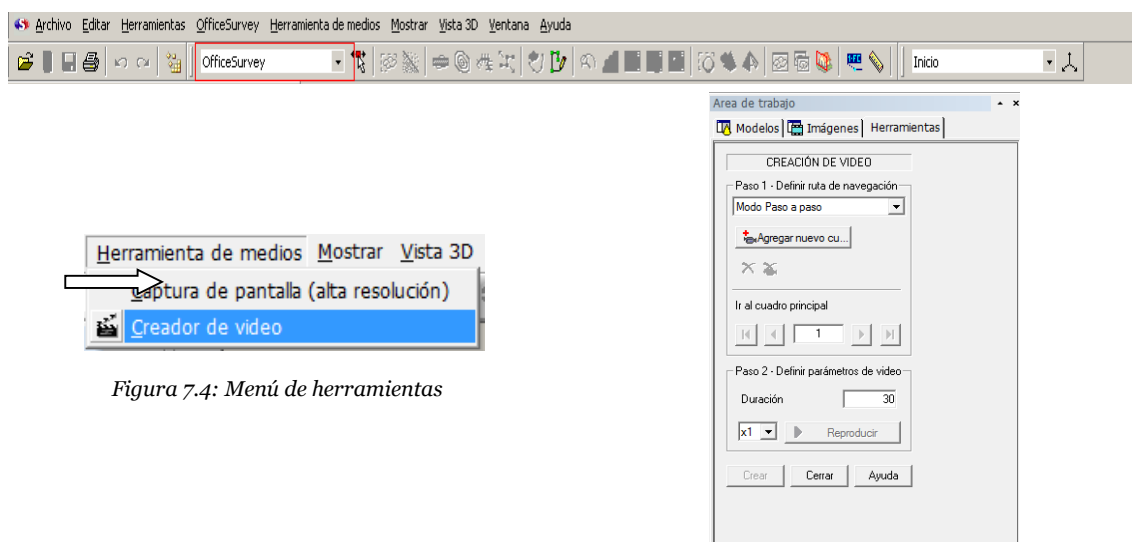


Figura 7.4: Menú de herramientas

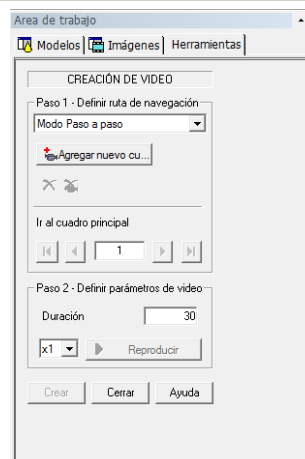


Figura 7.5: Herramienta creación de video

Existen tres formas de proceder, la más recomendable para realizar videos con trayectorias complejas del punto de vista, sería el método paso a paso. La forma de trabajar es agregar puntos de vista definiendo así el recorrido que se pretenda seguir, posteriormente se define la duración y velocidad.

Es recomendable guardar el video como formato .avi con la calidad mínima DVD y en formatos de alta definición. El siguiente paso es dejar al programa procesar a lo largo de todo un día y finalmente tendremos un resultado final.

Una vez realizadas la toma desde diferentes puntos de vista se realiza el montaje final con el programa Camtasia.

8. PRESUPUESTO

En este apartado se valora el coste de todas las acciones y obras que conforman el proyecto, para ello, y con el fin de estimar un coste, se simula que el proyecto se ha llevado a cabo por una empresa privada. Para comprender mejor este apartado se incluyen las siguientes definiciones:

- **Unidad de obra:** Cada una de las distintas partes en las que se compone una construcción y que no tienen que ser necesariamente los materiales, si no un conjunto de ellos.
- **Medición:** Acción necesaria para el cálculo de las dimensiones de cada unidad de obra y el número de ellas.
- **Precio unitario:** Coste directo de cada una de las unidades de obra, incluyendo los elementos que componen la misma: mano de obra, instrumental, materiales, etc.

A continuación presento el cuadro de precios simples, en el que podemos ver el valor de cada unidad de obra por día.

Nº de Orden	Concepto	€/ día
1	Ingeniero Técnico en Topografía campo	160 €
2	Ingeniero Técnico en Topografía laboratorio	110 €
3	Auxiliar de campo	60 €
4	Equipo Láser Escáner	420 €
5	Equipo GNSS	100 €
6	Software Realworks	50 €
7	Software TBC	50 €
8	Alquiler de vehículo	60 €

A continuación vemos una tabla donde se describe el equipo humano e instrumental utilizado para llevar a cabo todos los Trabajos de campo efectuados, así como los precios unitarios y parciales de cada concepto.

	Concepto	Unidad	P. Unitario	P. Parcial
Equipo Humano	I.T.T.	1	160 €	160 €
	Auxiliar de campo	1	60 €	60 €
Instrumental	Equipo Láser escáner	1	420 €	420 €
	Equipo GNSS	3	100 €	300 €
	Alquiler Vehículo	1	60 €	60 €

El trabajo de campo se llevó a cabo en un día con un coste total de 1.000 €.

La siguiente tabla muestra la tabla donde se describen todos las fases del trabajo de laboratorio, especificando el tiempo que se ha tardado en ejecutar cada una de ellas, así como los precios unitarios y parciales:

Concepto	Nº de días	P. Unitario	P. Parcial
Cálculo de la base GPS de referencia	0,2	110 €	22 €
		0 €	0 €
Cálculo de las coordenadas de las bases GPS	2	110 €	220 €
		50 €	100 €
Importación de las nubes de puntos	1	110 €	110 €
		50 €	50 €
Orientación relativa: Fusión de las nubes de puntos	2	110 €	220 €
		50 €	100 €
Orientación absoluta: Georreferenciación de las nubes de puntos	2	110 €	220 €
		50 €	100 €
Segmentación de la nube de puntos	8	110 €	880 €
		50 €	400 €
Muestreo de la nube de puntos	0,5	110 €	55 €
		50 €	25 €
Creación de mallas	4	110 €	440 €
		50 €	200 €
Edición de mallas	10	110 €	1.100 €
		50 €	500 €
Modelado de la nube de puntos	10	110 €	1.100 €
		50 €	500 €
Tratamiento de huecos	8	110 €	880 €
		50 €	400 €
Asignación de texturas	2	110 €	220 €
		50 €	100 €
Generación de ortofoto	0,5	110 €	55 €
		50 €	25 €
Generación de vídeo	2	110 €	220 €
		50 €	100 €
Memoria	15	110 €	1.650 €
		TOTAL	9.992 €

El coste total del trabajo de laboratorio es 9.992 €

El coste total del proyecto es 9.992 € + 1.000 € = 10.992 €.

Por último se muestra una breve descripción de los distintos tipos de presupuestos en función de los conceptos que incluyen:

- **Presupuesto de ejecución material:** Es la suma de los productos resultantes de aplicar el precio unitario de cada unidad de obra, al número de cada una de ellas. Se suelen dividir en presupuestos parciales o capítulos, que aglutinan aquellas unidades de obra relacionadas entre sí.
- **Presupuesto de ejecución por contrata:** Es el resultado de multiplicar el presupuesto de ejecución material por el coeficiente de contrata, que incluye los gastos generales del contratista, el beneficio industrial, los costes indirectos, **costes derivados de “salud laboral” y los impuestos correspondientes, sin incluir el IVA.** Puede incrementar el presupuesto entre un 15% y un 30%.
- **Presupuesto total:** Es la suma del presupuesto de ejecución por contrata, los costes de dirección de obra (del 3 % al 5 %) y de control de calidad (del 1 al 2 %) y el IVA correspondiente. En algunos casos se incluyen los costes de dirección de obra y de control de calidad en el presupuesto de ejecución por contrata, con lo que estos gastos van a cargo del contratista.

Una vez analizados todos los parámetros para la elaboración del presupuesto, el precio final del proyecto se muestra en la siguiente tabla.

Coste del proyecto	10.992 €
Beneficio industrial (15%)	1.649 €
IVA (21%)	2.655 €
Coste final	15.295 €

9. CONCLUSIONES

El objetivo del proyecto era crear un modelo 3D de la fachada principal del Monasterio de Santiago de Uclés que sirviera como material científico para posteriores estudios que podrán llevar a cabo técnicos como arqueólogos, restauradores, arquitectos, ya sea para documentación patrimonial, estudio del estado del monumento o el estudio de futuras deformaciones.

En cuanto al trabajo de campo, el equipo láser escáner 3D, nos ofrece la posibilidad de obtener una representación fiel del objeto, mediante una captura masiva de puntos de gran calidad y precisión en un tiempo relativamente corto.

En lo referido al trabajo de gabinete los inconvenientes son mayores, ya que el tiempo del modelado es mucho mayor que con otras metodologías, tanto más cuanto más se exige en las etapas de postproceso, por lo general todas las fases del proyecto se vuelven mucho más tediosas, aunque bien es cierto que los resultados finales obtenidos son de gran precisión.

Valorando todos los aspectos del proyecto, se llega a la conclusión de que los dos parámetros más determinantes podrían ser la precisión y el tiempo. En cuanto a las precisiones obtenidas, son más que suficientes respecto a las tolerancias exigidas, y en cuanto al tiempo, se puede decir que el gran número de horas invertido en laboratorio es compensado por la rapidez en la captura de datos. Por indicar un ejemplo numérico, un equipo láser escáner tarda el mismo tiempo en tomar 1.000.000 puntos que el que emplearía un operador en medir un solo punto con estación total.

Con respecto al instrumental utilizado, ha sido necesario utilizar ordenadores potentes y programas específicos teniendo aun así problemas para procesar la gran cantidad de información, en este aspecto se puede decir que es una tecnología muy exigente con todo lo relacionado con la informática, tanto en hardware como en programa.

En cuanto a los motivos por los que me decliné para hacer un proyecto final de carrera con láser escáner, es porque se trata de una tecnología emergente, mediante la cual podía afianzar, potenciar y desarrollar los conocimientos adquiridos durante la carrera y en el ámbito profesional en un campo novedoso e interesante y aprender más sobre esta nueva metodología.

Por último citar algunas de las ventajas e inconvenientes específicas de esta tecnología:

Ventajas

- Toma integrada de datos planimétricos y altimétricos, obteniendo las tres dimensiones a la vez.
- Gran cantidad de información obtenida. Los millones de puntos que se obtienen son suficientes para garantizar que se tendrá la información necesaria, siempre y cuando los barridos no presenten zonas muertas o de sombra.
- Gran productividad y automatización en la captura de datos. El equipo láser escáner 3D tiene una velocidad muy elevada en comparación con cualquier otro método tradicional.
- No necesita luz para trabajar. La captura de la nube de puntos se puede realizar a oscuras.
- Sólo es imprescindible un operario.

Inconvenientes

- Coste elevado de implantación. Un equipo escáner cuesta entre 30.000 y 300.000 euros, precio fuera del alcance de muchas empresas.
- Manejo de un gran volumen de datos, por tanto se necesita un hardware potente, programas específicos y los procesos en gabinete son lentos.
- Tiempo de modelado alto, tanto más cuanto más se exige en las etapas de postproceso.
- Las zonas de sombra. Hay zonas que por falta de visibilidad no pueden ser medidas y el relleno de esas zonas es un trabajo tedioso.

10. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

Para la realización y desarrollo de este proyecto, se ha hecho uso de cierta documentación necesaria para una mejor comprensión de lo realizado. Toda esa biografía necesaria se expone a continuación:

- Escarpa Sánchez-Garnica, F.J. (2006): “Los sistemas de medición 3D aplicados a patrimonio”
- Farjas, M. (Diciembre 2006): “Aulaweb topografía II”. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Topográfica. UPM.
- Nieto, A.L. (Julio 2006): “Aplicaciones de Láser 3D a la Ingeniería civil y el patrimonio”. Escuela Politécnica Superior de Ávila. Junta de Castilla la Mancha (2002).
- Manual receptor GNSS Trimble R6, R8 Y R10, 2014.
- Manual Trimble Business Center v. 3.51, 2014.
- Manual Láser Escáner Trimble TX5, 2013.
- Manual usuario Trimble RealWorks Survey v.8.1, 2014.
- Aplicaciones láser escáner Trimble-Mensi en estudios de accidentes y criminología (forensics). Omar-Pierre Soubra (1) y Alfredo Lorenzo (2), Marzo 2011.
- Web del IGN sobre Redes de Estaciones GNSS Permanentes.
 - <http://www.ign.es/ign/layoutIn/actividadesGeodesiaGnss.do>
- Web de Trimble, servicio RTX.
 - <http://www.trimblertx.com/>
- Visor del Iberpix del IGN.
 - <http://www2.ign.es/iberpix/visoriberpix/visorign.html>
- Página oficial del Monasterio de Santiago de Uclés
 - <http://www.monasterioucles.com/>

11. ANEXOS

11.1. FICHA TÉCNICA DEL LÁSER ESCÁNER TRIMBLE TX5

ESCÁNER TRIMBLE TX5

RENDIMIENTO

Unidad telemétrica
Intervalo de ambigüedad 153,49m
Alcance¹ 0,6 m a 120 m
en interiores o al aire libre con baja luz ambiental
e incidencia normal en superficies reflectantes de un 90%
Velocidad de medición 122.000 / 244.000 /
488.000 / 976.000 puntos/seg
Error sistemático de distancia ² ±2 mm en 10 m y 25 m,
reflectividad a 90% y 10%

Rango de ruido ³	Ø10 m	Ø10 m ruido reducido ⁴	Ø25 m	Ø25 m ruido reducido ⁴
90% de reflectividad	0,6 mm	0,3 mm	0,95 mm	0,5 mm
10% de reflectividad	1,2 mm	0,6 mm	2,20 mm	1,1 mm

Unidad de color

Resolución hasta 70 megapíxeles en color
Función de color dinámico Adaptación automática del brillo

Unidad reflectora

Campo de visión (vertical/horizontal) 300° / 360°
Resolución (vertical/horizontal) 0,009° (40.960 3D pixel en 360°) /
0,009° (40.960 3D pixel en 360°)
Velocidad máx. de escaneado vertical 5.820 rpm o 97 Hz

Láser (Transmisor óptico)

Clase de láser 3R
Potencia láser (cw Ø) 20 mW
Longitud de onda 905 nm
Divergencia del haz Típica 0,19 mrad (0,011°)
Diámetro del haz 3,0mm, circular

Gestión y control de datos

Almacenamiento de datos SD, SDHC[™], SDXC[™]; tarjeta de 32 GB incluida
Control de escaneado mediante pantalla táctil
Acceso WiFi (WLAN) El control remoto, la visualización
de escaneado y la descarga son posibles
en los dispositivos móviles con Flash[®]

Multisensor

Compensador de doble eje Todos los niveles escanean con
una precisión de 0,015° y un rango de ±5°
Sensor de altura Detecta la altura relativa a un punto fijo mediante
un barómetro electrónico y la agrega al escaneado
Brújula La brújula electrónica proporciona la
orientación del escaneado Incluye una función de calibración.

ESPECIFICACIONES DEL HARDWARE

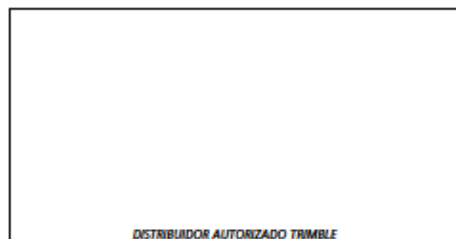
Voltaje de la fuente de alimentación 19 V (alimentación externa)
14,4 V (batería interna)
Consumo de potencia 40 W y 80 W respectivamente
(durante la carga de la batería)
Duración de la batería hasta 5 horas
Temperatura ambiente 5 °C a 40 °C
Humedad Sin condensación
Cable de conexión Ubicado en el soporte del escáner
Peso 5,0 kg
Dimensiones 240 mm x 200 mm x 100 mm (9,5 x 8 x 4 pulgadas)



- 1 Depende de la luz ambiental, que puede actuar como una fuente de ruido. Una luz ambiental intensa (por ejemplo la luz del sol) puede acortar el alcance real del escáner. Con baja luz ambiental, el alcance puede llegar a más de 120 metros en incidencia normal en superficies muy reflectantes.
- 2 El rango de error se define como el error máximo en la distancia medida por el escáner desde su punto de origen a un punto de un objetivo plano.
- 3 El rango de ruido se define como el desvío estándar de valores de planos alineados.
- 4 Un algoritmo de reducción de ruido puede ser activado para reducir puntos en conjuntos de 8 o 16, reduciendo así el ruido de los datos originales por un factor de 2 ó 4.

© 2012, Trimble Navigation Limited. Todos los derechos reservados. Trimble y el logo del Globo son marcas comerciales de Trimble Navigation Limited, registradas en los Estados Unidos y en otros países. RealWorks es una marca registrada de Merit SA. Todas las otras marcas son propiedad de sus respectivos titulares.
Nº 022566-122-037 (10/12)

Las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso.



AMÉRICA DEL NORTE
Trimble Engineering &
Construction Group
5475 Kellenburger Road
Dayton, Ohio 45424
ESTADOS UNIDOS

EUROPA
Trimble Germany GmbH
Am Prime Parc 11
65479 Runkel
ALEMANIA

ASIA-PACÍFICO
Trimble Navigation Limited
Singapore PTE Ltd.
80 Marine Parade Road
Parkway Parade
Singapore 449269
SINGAPUR

CHINA
Trimble Beijing
Room 2602-05, Tongda Plaza,
No.168 Xiwai Street,
Haidian District, Pekin,
CHINA 100044



11.2. FICHA TÉCNICA RECEPTORES GNSS

SISTEMA TRIMBLE R10 GNSS

HOJA DE DATOS

ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO

Mediciones

- Mide puntos en entornos difíciles en menos tiempo y con más rapidez con la tecnología Trimble HD-GNSS
- Mejora el rastreo de mediciones con el sistema de detección de plomada electrónica Trimble SurePoint
- Reduce el tiempo de inactividad causado por la pérdida de señales de radio con la tecnología xFi
- Avanzados chips Trimble Maxwell 6 GNSS topográficos personalizados con 440 canales
- Asegura la inversión futura a largo plazo con el rastreo Trimble 360 GNSS
- Las señales de satélites se rastrean simultáneamente:
 - GPS: L1C/A, L1C, L2C, L2E, L5
 - GLONASS: L1C/A, L1E, L2C/A, L2E, L3
 - SBAS: L1C/A, L5 (para satélites SBAS compatibles con L5)
 - Galileo: GIOVE-A y GIOVE-B, E1, E5a, E5B
 - COMPASS: B1, B2, B3
- Posicionamiento Omnistar HP, XP, G2, VBS
- QZSS, WAAS, MSAS, EGNOS, GAGAN
- Velocidad de posicionamiento: 1 Hz, 2 Hz, 5 Hz, 10 Hz y 20 Hz

RENDIMIENTO DE POSICIONAMIENTO¹

Posicionamiento GNSS de código diferencial

Horizontal	0,25 m + 1 ppm RMS
Vertical	0,50 m + 1 ppm RMS
Precisión de posicionamiento SBAS diferencial ²	típico <5 m 3DRMS

Medición estática GNSS

Estática de alta precisión

Horizontal	3 mm + 0,1 ppm RMS
Vertical	3,5 mm + 0,4 ppm RMS

Estática y Estática Rápida

Horizontal	3 mm + 0,5 ppm RMS
Vertical	5 mm + 0,5 ppm RMS

Medición cinemática en tiempo real

Línea base individual <30 km

Horizontal	8 mm + 1 ppm RMS
Vertical	15 mm + 1 ppm RMS

Red RTK³

Horizontal	8 mm + 0,5 ppm RMS
Vertical	15 mm + 0,5 ppm RMS
Tiempo de inicio RTK para precisiones especificadas ⁴	2 a 8 segundos

Trimble xFi⁵

Horizontal	RTK ⁶ + 10 mm/minuto RMS
Vertical	RTK ⁶ + 20 mm/minuto RMS

1 La precisión y la confiabilidad pueden estar sujetas a anomalías debidas a errores por trayectoria múltiple, obstrucciones, geometría de los satélites y condiciones atmosféricas. Las especificaciones indicadas recomiendan el uso de soportes estables en una zona despejada con una buena vista del cielo, que está libre de errores por trayectoria múltiple e interferencias electromagnéticas, y que tenga una configuración óptima de la constelación GNSS, además se recomienda usar los métodos de trabajo generalmente aceptados para realizar las mediciones de mayor precisión correspondientes a la aplicación determinada, incluyendo el uso de tiempos de ocupación adecuados a la longitud de la línea base. Las líneas base cuya longitud exceda los 20 km requieren datos de velocidad precisos y probablemente ocupaciones de hasta 24 horas para lograr especificaciones de alta precisión estática.

2 Depende del rendimiento del sistema WAAS/EGNOS.

3 Las señales RTK se refieren a la estación base física más próxima.

4 Puede verse afectada por las condiciones atmosféricas, las señales de trayectoria múltiple, las obstrucciones y la geometría de los satélites. La confiabilidad de la inicialización se controla continuamente para asegurar la más alta calidad.

5 Las señales de precisión dependen de la disponibilidad de satélites GNSS. El posicionamiento xFi termina cuando la red ha estado inactiva durante 5 minutos. Si se usa una sola estación base, xFi requiere que la antena base esté a unos 1 m de la coordenada base en un marco de referencia global tal como WGS-84. Al establecer una estación base cuando la red "tiene" (Aquí en el software Trimble Access, la precisión requerida generalmente solo se logra cuando la precisión ha sido aumentada con WAAS o EGNOS). Los usuarios a VES deben comprobar con su administrador que la red se ha configurado en un sistema de coordenadas conocido.

6 RTK se refiere a la última precisión obtenida antes de la pérdida de la fuente de conexión o inicio de xFi.

7 Normalmente, el receptor funcionará hasta -40 °C, la capacidad nominal de las baterías internas está fijada en -20 °C.

8 Varía con la temperatura y la velocidad de los datos inalámbricos. Al usar un receptor y una radio interna en modo de transmisión, se recomienda usar una batería externa de 6 Ah o más.

9 Varía con el terreno y las condiciones de operación.

10 Las autorizaciones Bluetooth son específicas de cada país.

© 2017, Trimble Navigation Limited. Todos los derechos reservados. El logo del triángulo con el exclamation y Trimble son marcas registradas de Trimble Navigation Limited, registradas en los Estados Unidos y en otros países. Access, Maxwell, SurePoint, VBS, xFi y efi son marcas comerciales de Trimble Navigation Limited. Todas las otras marcas son propiedad de sus respectivos dueños. MP 0275-01-54M-ESP 01/17

HARDWARE

Risas

Dimensiones (Ancho x Alto)	11,9 cm x 13,6 cm
Peso	1,12 kg con batería interna, radio interna con antena UHF, 3,57 kg (los componentes anteriores más el jalón, el controlador y el soporte)

Temperatura⁷

De funcionamiento	-40 °C a +65 °C (-40 °F a +149 °F)
De almacenamiento	-40 °C a +75 °C (-40 °F a +167 °F)

Humedad

	100%, con condensación
--	------------------------

Protección contra la intrusión de agua y partículas IP67 A prueba de polvo, protegido al sumergirse temporalmente a una profundidad de 1 m

Golpes y vibraciones Ha sido probado y cumple con las siguientes normas medioambientales:

Golpes Apagado: Diseñado para soportar caídas del jalón a 2m de altura sobre hormigón. Operando: hasta 40 g, 10 m seg, cliente de sierra

Vibraciones MIL-STD-883C, MIL-STD-883B, MIL-STD-883A

Eléctricas

Entrada de alimentación externa de 11 a 24 V CC con protección contra sobretensión en los puertos 1 y 2 (Lemo de 7 pines)

Batería inteligente de ión litio de 7,4 V y 3,7 Ah recargable y desmontable con indicadores de estado LED.

El consumo de alimentación es de 5,1 W en modo móvil RTK con radio interna.

Tiempos de funcionamiento con la batería interna⁸:

– Opción de sólo recepción de 450 MHz 5,5 horas

– Opción de transmisión/recepción de 450 MHz (0,5 W) 4,5 horas

– Opción de transmisión/recepción de 450 MHz (2,0 W) 3,7 horas

– Opción de recepción móvil 5,0 horas

COMUNICACIONES Y ALMACENAMIENTO DE DATOS

• En serie: Trifilar en serie (Lemo de 7 pines)

• USB: compatible con la descarga de datos y las comunicaciones de alta velocidad

• Módem de radio: receptor/transmisor de banda ancha de 450 MHz, sellado, totalmente integrado, con un rango de frecuencia de 410 MHz a 470 MHz:

– Potencia de Tx: 2 W

– Alcance: 3-5 km típico / 10 km óptimo⁹

• Celular: módem integrado, 3,5 G, HSDPA 7.2 Mbps (descarga), GPRS ranura múltiple clase 12, EDGE ranura múltiple clase 12, UMTS/HSDPA (WCDMA/FDD)

850/1900/2100MHz, Quad-band GSM 850/900/1800/1900 MHz, GSM CS2, 3GPP LTE

• Bluetooth: puerto de comunicaciones de 2,4 GHz totalmente integrado y sellado (Bluetooth[®]10)

• WiFi: 802.11 b/g, punto de acceso y modo cliente, encriptación WEP64/WEP128

• Dispositivos de comunicación externos para correcciones soportadas en los puertos serie, USB, Ethernet, y Bluetooth

• Almacenamiento de datos: Memoria interna de 4 GB; más de tres años de observables brutos (aprox. 1,4 MB / día), en función del registro de datos de 14

satélites a intervalos de 15 segundos

• Entrada y salida CMR, CMR, RTCM 2.1, RTCM 2.3, RTCM 3.0, RTCM 3.1

• 24 salidas NMEA, salidas GSCF, RT17 y RT27

WebUI

• Ofrece una sencilla configuración, operación, estado y transferencia de datos

• Accesible por WiFi, serie, USB, y Bluetooth

HOMOLOGACIÓN

Sección 15 de la FCC (dispositivos de la clase B), 22, 24; Marca R&TE CE; C-Tick, A-Tick; PTCRB; WFA

Contacte a su distribuidor local autorizado de Trimble para obtener más información.

Las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso.



Geotronics, S.L. Calle Dublin, 1, planta 1.
Tel. +34 902 30 40 75 • Fax. +34 916 370 074
www.geotronics.es • geotronics@geotronics.es

US/INSTRUMENTAL/ALTERNATIVO/ TRIMBLE

AMÉRICA DEL NORTE
Trimble Navigation Limited
10355 Westmoor Dr
Westminster CO 80021
ESTADOS UNIDOS

EUROPA
Trimble Germany GmbH
Am Prime Parc 11
65479 Raunheim
ALEMANIA

ASIA-PACÍFICO
Trimble Navigation
Singapore Pty Limited
80 Marine Parade Road
#22-06, Parkway Parade
Singapore 449269
SINGAPUR



SISTEMA TRIMBLE R8 GNSS

HOJA DE DATOS

ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO

Mediciones

- Avanzados chips Trimble Maxwell 6 GNSS topográficos personalizados con 440 canales
- Asegura la inversión futura a largo plazo con el rastreo Trimble 360 GNSS
- Correlacionador múltiple de alta precisión para mediciones GNSS de pseudodistancia
- Medidas de pseudodistancia brutas, sin filtrar ni suavizar, que generan resultados con poco "ruido", error por trayectoria múltiple bajo, correlación total muy rápida y alta respuesta dinámica
- Medidas de fase de portadora GNSS de muy bajo nivel de ruido y una precisión de <1 mm en un ancho de banda de 1 Hz
- Relación Señal-Ruido en dB-Hz
- Probada tecnología de rastreo de baja elevación de Trimble
- Señales de satélite que se rastrean simultáneamente:
 - GPS: L1C/A, L1C, L2C, L2E, L5
 - GLONASS: L1C/A, L1P, L2C/A, L2P, L3
 - SBAS: L1C/A, L5 (para satélites SBAS compatibles con L5)
 - Galileo: E1, E5A, E5B
 - BeiDou (COMPASS): B1, B2, B3
- SBAS: QZSS, WAAS, EGNOS, GAGAN
- Velocidad de posicionamiento: 1 Hz, 2 Hz, 5 Hz, 10 Hz, y 20 Hz

RENDIMIENTO DE POSICIONAMIENTO¹

Posicionamiento GNSS de código diferencial

Horizontal	0,25 m + 1 ppm RMS
Vertical	0,50 m + 1 ppm RMS
Precisión de posicionamiento SBAS diferencial ²	típico <5 m 3DRMS

MEDICIÓN ESTÁTICA GNSS

Estática de alta precisión

Horizontal	3 mm + 0,1 ppm RMS
Vertical	3,5 mm + 0,4 ppm RMS

Estática y Estática Rápida

Horizontal	3 mm + 0,5 ppm RMS
Vertical	5 mm + 0,5 ppm RMS

MEDICIÓN GNSS CINEMÁTICA CON POSPROCESAMIENTO (PPK)

Horizontal	8 mm + 1 ppm RMS
Vertical	15 mm + 1 ppm RMS

MEDICIÓN CINEMÁTICA EN TIEMPO REAL

Línea base individual <30 km

Horizontal	8 mm + 1 ppm RMS
Vertical	15 mm + 1 ppm RMS

RED RTK³

Horizontal	8 mm + 0,5 ppm RMS
Vertical	15 mm + 0,5 ppm RMS

Tiempo de inicialización⁴ Típico <8 segundos

Confiable de la inicialización⁵ Típica >99,9%

¹ La precisión y la confiabilidad pueden estar sujetas a anomalías debidas a errores por trayectoria múltiple, obstrucciones, geometría de los satélites y condiciones atmosféricas. Las especificaciones establecidas recomiendan el uso de soportes estables en una zona despejada con una buena vista del cielo, que esté libre de errores por trayectoria múltiple e interferencias electromagnéticas, y que tenga una configuración óptima de la constelación GNSS; además se recomienda usar los métodos de trabajo generalmente aceptados para realizar las mediciones de mayor precisión correspondientes a la aplicación denominada, incluyendo el uso de tiempos de ocupación adecuados a la longitud de la línea base. Las líneas base cuyo longitud exceda los 30 km requieren datos de elevación precisa y probablemente ocupaciones de hasta 24 horas para lograr especificaciones de alta precisión estática.

² Depende del funcionamiento del sistema SBAS.

³ Los valores PPM de la red RTK se refieren a la estación base física más próxima.

⁴ Puede verse afectada por las condiciones atmosféricas, las señales de trayectoria múltiple, las obstrucciones y la geometría de los satélites. La confiabilidad de la inicialización se controla continuamente para asegurar la más alta calidad.

⁵ Normalmente, el receptor funcionará hasta -40 °C; la capacidad normal de las baterías internas está fijada en -20 °C.

⁶ Rastreo de satélites GPS, GLONASS y SBAS.

⁷ Varía según la temperatura y la velocidad de transmisión de datos inalámbricos. Al usar un receptor y una radio interna en modo de transmisión, se recomienda usar una batería externa de 6 Ah o más.

⁸ Varía según el tamaño y las condiciones de operación.

⁹ Las autorizaciones Bluetooth son específicas de cada país.

© 2005-2013, Trimble Navigation Limited. Reservados todos los derechos. Trimble y el logo del Globo terrestre y el logotipo son marcas comerciales de Trimble Navigation Limited, registradas en los Estados Unidos y en otros países. Arcos, Maxwell y Web UI son marcas comerciales de Trimble Navigation Limited. La marca con la palabra Bluetooth y los logos son propiedad de Bluetooth SIG, Inc. y todo uso de dichas marcas por parte de Trimble Navigation Limited es bajo licencia. Todas las otras marcas son propiedad de sus respectivos titulares. NP-027-940-076-ESP-03/13

HARDWARE

Risgos

Dimensiones (Ancho/Alto) 19 cm x 10,4 cm, incluyendo los conectores
Peso 1,52 kg con batería interna, radio interna con antena UHF;
3,81 kg (los componentes anteriores más el jalón,
el controlador y el soporte)

Temperatura⁶

De funcionamiento -40 °C a +65 °C (-40 °F a +149 °F)

De almacenamiento -40 °C a +75 °C (-40 °F a +167 °F)

Humedad 100%, con condensación

Impermeable/Resistente al polvo IP67 resistente al polvo, protegido al sumergirse

temporalmente a una profundidad de 1 m

Golpes y vibraciones Ha sido probado y cumple con las siguientes

normas medioambientales:

Golpes Apagado: Diseñado para soportar caídas del jalón a 2m de altura

sobre concreto. Operando: hasta 40 g, 10m seg, diseño de sierra

Vibraciones MIL-STD-810F, FIG.514.5C-1

Eléctricas

• Entrada de alimentación externa de 11 a 28 V CC con protección contra

sobretensión en el puerto 1 (uno de 7 pines)

• Batería de ión litio de 7,4 V y 2,6 Ah recargable y desmontable. El consumo de

alimentación⁶ es de 3,2 W en modo móvil RTK con radio interna y Bluetooth

en uso.

• Tiempos de funcionamiento con la batería interna:⁷

– Opción de sólo recepción de 450 MHz 5,0 horas

– Opción de recepción/transmisión de 450 MHz (0,5 W) 2,5 horas

– Opción de recepción móvil 4,7 horas

Comunicaciones y almacenamiento de datos

• Serial: Trillar serial (uno de 7 pines) en el Puerto1; Serial RS-232 completo en el

Puerto 2 (dos de 9 pines)

• Módem de radio: Opción de radio receptora/transmisora de 450 MHz, totalmente

integrada y sellada:

– Potencia de transmisión: 0,5 W

– Alcance⁸: 3-5 km típico / 10 km óptimo

• Celular: Opción GSM/GPRS totalmente integrada y sellada

• Bluetooth: Puerto de comunicaciones de 2,4 GHz totalmente integrado y sellado

(Bluetooth[®])

• Dispositivos de comunicación externos para conexiones soportadas en los puertos

serie y Bluetooth

• Almacenamiento de datos: Memoria interna de 56 MB, 960 horas de observables

brutos (aprox. 1,4 MB dba), en función del registro de datos de 14 satélites en

intervalos de 15 segundos

Formatos de datos

• CMR: Entrada y salida CMR+, CMRx

• RTCM: Entrada y salida RTCM 2.1, RTCM 2.3, RTCM 3.0, RTCM 3.1

• Otras salidas: 23 salidas NMEA, salidas GSOE, RT17 y RT27, soporta BINEX y

portadora suavizada

Web UI

• Ofrece una sencilla configuración, operación, estado y transferencia de datos

• Accesible por serie y Bluetooth

Controladores Trimble Soportados

• Trimble TSC3, Trimble CU, Robusta PC, Trimble Tablet

Homologación

Sección 15 de la FCC (dispositivos de la clase B), 22, 24, 90; Marca CE; C-Tick;

850/1900 MHz; módulo GSM/GPRS clase 10; Bluetooth EPL

Contacte a su distribuidor local autorizado de Trimble para obtener más información.

Las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso.





Geotronics[®]

Geotronics, S.L. Calle Dublin, 1, planta 1^ª,
Polígono Leopoldo 202-0 Las Rozas (Madrid)
tel. +34 912 30 40 25 - fax +34 912 30 40 26
www.geotronics.es - geotronics@geotronics.es



Trimble Navigation Limited

AMÉRICA DEL NORTE

Trimble Navigation Limited
10368 Kellenburger Road
Westminster CO 80021
EE.UU.

EUROPA

Trimble Germany GmbH
Am Prime Parc 11
65479 Raunheim
ALEMANIA

ASIA-PACÍFICO

Trimble Navigation
Singapore Pty Limited
80 Marine Parade Road
#22-06, Parkway Parade
Singapore 449269
SINGAPUR



SISTEMA TRIMBLE R6 GNSS

HOJA DE DATOS

ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO

Mediciones

- Avanzado chip Trimble Marwell 6 GNSS topográfico personalizado con 220 canales
- Tecnología Trimble R-Track
- Correlacionador múltiple de alta precisión para mediciones GNSS de pseudodistancia
- Medidas de pseudodistancia brutas, sin filtrar ni suavizar, que generan resultados con poco "ruido", error por trayectoria múltiple bajo, correlación total muy rápida y alta respuesta dinámica
- Medidas de fase de portadora GNSS de muy bajo nivel de ruido y una precisión de <1 mm en un ancho de banda de 1 Hz
- Relación Señal-Ruido en dB-Hz
- Probada tecnología de rastreo de baja elevación de Trimble
- Señales de satélite que se rastrean simultáneamente:
 - GPS: L1C/A, L1C, L2C, L2E, L5
 - GLONASS¹: L1C/A, L1P, L2C/A, L2P, L3
 - SBAS: L1C/A, L5 (para satélites SBAS compatibles con L5)
 - Galileo²: E1, E5A, E5
 - BeiDou (COMPASS)³: B1, B2, B3
- SBAS: QZSS, WAAS, EGNOS, GAGAN
- Velocidad de posicionamiento: 1 Hz, 2 Hz, 5 Hz, y 10 Hz

RENDIMIENTO DE POSICIONAMIENTO⁴

Posicionamiento GNSS de código diferencial

Horizontal	0,25 m + 1 ppm RMS
Vertical	0,50 m + 1 ppm RMS
Precisión de posicionamiento SBAS diferencial ⁵	típico <5 m 3DRMS

MEDICIÓN ESTÁTICA GNSS

Estáticos de alta precisión

Horizontal	3 mm + 0,1 ppm RMS
Vertical	3,5 mm + 0,4 ppm RMS

Estática y Estática Rápida

Horizontal	3 mm + 0,5 ppm RMS
Vertical	5 mm + 0,5 ppm RMS

MEDICIÓN GNSS CINEMÁTICA CON POSPROCESAMIENTO (PPK)

Horizontal	8 mm + 1 ppm RMS
Vertical	15 mm + 1 ppm RMS

MEDICIÓN CINEMÁTICA EN TIEMPO REAL

Línea base individual <30 km

Horizontal	8 mm + 1 ppm RMS
Vertical	15 mm + 1 ppm RMS

1 Actualización opcional.

2 La precisión y la confiabilidad pueden estar sujetas a anomalías debidas a errores por trayectoria múltiple, obstrucciones, geometría de los satélites y condiciones atmosféricas. Las especificaciones establecidas recomiendan el uso de soportes estables en una zona despejada con una buena vista del cielo, que esté libre de errores por trayectoria múltiple e interferencias electromagnéticas, y que tenga una configuración óptima de la conexión GNSS, además se recomienda usar los métodos de trabajo generalmente aceptados para mejorar las mediciones de mayor precisión correspondientes a la aplicación determinada, incluyendo el uso de tiempos de ocupación adecuados a la longitud de la línea base. Las líneas base cuya longitud exceda los 30 km requieren datos de referencia precisos y probablemente ocupaciones de hasta 24 horas para lograr especificaciones de alta precisión estática.

3 Depende del funcionamiento del sistema SBAS

4 Los valores PPM de la red RTK se refieren a la medición base única más precisa.

5 Puede verse afectada por las condiciones atmosféricas, las señales de trayectoria múltiple, las obstrucciones y la geometría de los satélites. La confiabilidad de la inicialización se controla continuamente para asegurar la más alta calidad.

6 Normalmente, el receptor funcionará hasta -40 °C, la capacidad normal de las baterías internas está fijada en -20 °C.

7 Rastreo de satélites GPS, GLONASS y SBAS. GLONASS requiere una actualización opcional.

8 Varía según la temperatura y la velocidad de transmisión de datos inalámbricos. Al usar un receptor y una red interna en modo de transmisión, se recomienda usar una batería externa de 6 Ah o más.

9 Varía según el tamaño y las condiciones de operación.

10 Las autorizaciones Bluetooth son específicas de cada país.

© 2006-2013 Trimble Navigation Limited. Todos los derechos reservados. Trimble y el logo del Gallo Rojo y el logo son marcas comerciales de Trimble Navigation Limited, registradas en los Estados Unidos y en otros países. Access, Marwell, R-Track y Signal Prediction son marcas comerciales de Trimble Navigation Limited. La marca con el símbolo Bluetooth y los logos son propiedad de Bluetooth SIG, Inc. y todo uso de dichas marcas por parte de Trimble Navigation Limited es bajo licencia. Todos los otros logos son propiedad de sus respectivos titulares. NP 022540-759G (1P-0313)

RED RTK⁶

Horizontal	8 mm + 0,5 ppm RMS
Vertical	15 mm + 0,5 ppm RMS
Tiempo de inicialización ⁸	Típico de <8 segundos
Confiabilidad de la inicialización ⁹	Típica >99.9%

HARDWARE

Resaca

Dimensiones (Ancho/Alto)	19 cm x 10,2 cm, incluyendo los conectores
Peso	1,52 kg con batería interna, radio interna con antena UHF, 3,81 kg (los componentes anteriores más el jalón, el controlador y el soporte)

Temperatura⁶

De funcionamiento	-40 °C a +65 °C (-40 °F a +149 °F)
De almacenamiento	-40 °C a +75 °C (-40 °F a +167 °F)
Humedad	100%, con condensación
Impermeable/Resistente al polvo	IP67 resistente al polvo, protegido al sumergirse temporalmente a una profundidad de 1 m
Golpes y vibraciones	Ha sido probado y cumple con las siguientes normas medioambientales: Golpes: Apagado: Diseñado para soportar caídas del jalón a 2 m de altura sobre concreto. Operando: hasta 40 g, 10 m seg, diseño de sierra Vibraciones: MIL-STD-810F, FIG.514.5C-1

Eléctricas

- Entrada de alimentación externa de 11 a 28 V CC con protección contra sobretensión en el puerto 1 (Lomo de 7 pines)
- Batería de ión litio de 7,4 V y 2,6 Ah recargable y desmontable. El consumo de alimentación⁷ es de 3,2 W en modo móvil RTK con radio interna y Bluetooth en uso.
- Tiempos de funcionamiento con la batería interna⁸:
 - Opción de solo recepción de 450 MHz: 5,0 horas
 - Opción de recepción/transmisión de 450 MHz (0,5 W): 2,5 horas
 - Opción de recepción móvil: 4,7 horas

Comunicaciones y almacenamiento de datos

- Serial: Trillar serial (Lomo de 7 pines) en el Puerto 1; Serial RS-232 completo en el Puerto 2 (Lomo de 9 pines)
- Módem de radio: Opción de radio receptora/transmisora de 450 MHz, totalmente integrada y sellada:
 - Potencia de transmisión: 0,5 W
 - Alcance⁹: 3-5 km típico / 10 km óptimo
- Celular: Opción GSM/GPRS totalmente integrada y sellada
- Bluetooth: Puerto de comunicaciones de 2,4 GHz totalmente integrado y sellado (Bluetooth®)¹⁰
- Dispositivos de comunicación externos para conexiones soportadas en los puertos serie y Bluetooth
- Almacenamiento de datos: Memoria interna de 11 MB, 188,6 horas de observables brutos (aprox. 1,4 MB Alia), en función del registro de datos de 14 satélites en intervalos de 15 segundos

Formatos de datos

- CMR: Entrada y salida CMR+4, CMR+5
- RTCM: Entrada y salida RTCM 2.1, RTCM 2.3, RTCM 3.0, RTCM 3.1
- Otras salidas: 23 salidas NMEA, salidas GSOE, RT17 y RT27, soporta BINEX y portadora suavizada

Controladores Trimble Soportados

- Trimble TSC3, Trimble CU, Robusta PC, Trimble Tablet

Homologación

Sección 15 de la FCC (dispositivos de la clase B), 22, 24, 90; Marca CE; C-Tick; 850/1900 MHz; módulo GSM/GPRS clase 10; Bluetooth EPL

Contacte a su distribuidor local autorizado de Trimble para obtener más información.

Las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso.





Geotronics

Geotronics, S.L. Calle Dufur, 1, planta 1ª
Polígono E. Repolis 28290 Las Rozas (Madrid)
Tel.: +34 910 35 40 35 - Fax: +34 910 370 074
www.geotronics.es - geotronics@geotronics.es



Trimble Navigation Limited

EUROPEAN REPRESENTATIVE

AMÉRICA DEL NORTE
Trimble Navigation Limited
10368 Kalkenberg Road
Westminster CO 80021
EE.UU.

EUROPA
Trimble Germany GmbH
Am Primo Parc 11
65479 Raunheim
ALEMANIA

ASIA-PACÍFICO
Trimble Navigation
Singapore Pty Limited
80 Marine Parade Road
#22-06, Parkway Parade
Singapore 449269
SINGAPUR



11.3. PROPUESTA DEL PFC

 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS EN TOPOGRAFÍA, GEODESIA Y CARTOGRAFÍA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID		Departamento de Ingeniería Topográfica y Cartografía Registro de Entrada nº <u>413</u> Fecha: <u>16</u> / <u>Octubre</u> / <u>2014</u>
--	---	---

TITULACIÓN DE INGENIERO TÉCNICO EN TOPOGRAFÍA

RESOLUCIÓN SOBRE PROPUESTA DE PROYECTO DE FIN DE CARRERA

Reunido el Tribunal compuesto por los siguientes profesores:

PRESIDENTE:	<u>Jesús García Uyarra</u>
SECRETARIO:	<u>Mercedes Farjas Abadía</u>
VOCAL:	<u>Sandra Martínez Cuevas</u>
SUPLENTE:	<u>Isaura Alonso Martínez</u>

Nombrado con fecha 20 de Octubre de 2014 por la Comisión de Proyectos Fin de Carrera de este centro para el seguimiento del Proyecto de Título:

Modelización 3D de la fachada principal del Monasterio de Santiago de Uclés

Cuya propuesta han presentado los alumnos:

D.º <u>Rubén Burón Fernández</u>
D.º _____
D.º _____

Bajo la dirección de los Tutores / Cotutores:

D.º <u>Mercedes Farjas</u>
D.º _____
D.º _____

Ha tomado la siguiente resolución, acerca de la citada propuesta:

Aceptarla en sus términos ☒
 Aceptarla con modificaciones ☐
 Rechazarla ☐

Modificaciones que se piden o razones para el rechazo:

--

En Madrid, a 21 de Octubre de 2014

El presidente:  Firmado: <u>50679887P</u>	El vocal:  Firmado: <u>51066518D</u>	El secretario:  Firmado: <u>17.752.005</u>	El suplente: Firmado: _____
--	---	--	------------------------------------

Nota: el secretario del tribunal hará exponer una copia de esta resolución en el tablero de anuncios destinado al efecto.


 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
 TOPOGRAFICA Y CARTOGRAFIA
23-OCT-2014
 E.T.S.I. TOPOGRAFIA,
 GEODESIA Y CARTOGRAFIA
 PFC N.º 413



FACHADA PRINCIPAL CON TEXTURA - 20 MM DE RESOLUCIÓN



FACHADA PRINCIPAL - 8 MM DE RESOLUCIÓN



PLANO DE SITUACIÓN



El objetivo de este Proyecto Fin de Carrera (PFC) es obtener la representación tridimensional de la fachada principal del Monasterio de Santiago de Uclés, monumento de interés histórico y artístico. En concreto se ha elegido la fachada principal construida por Pedro de Ribera por ser representativa del Monasterio y del estilo churrigueresco. Con la tecnología láser escáner, se va a obtener un modelo 3D sobre el que se pueden realizar las medidas necesarias para proyectos de conservación, así como obtener productos con una función divulgativa.

El levantamiento se llevó a cabo con el equipo de laser escáner Trimble TX5, con la pre-señalización necesaria para realizar una posterior fusión de los mismos (dianas esféricas y cuadradas) y utilizando equipos GNSS Trimble modelos R10, R8 y R6 para la geo-referenciación del proyecto.

La técnica utilizada es la que denominamos levantamiento de alta precisión mediante Laser Escáner, que nos permite obtener resultados que aportan una representación fiel del objeto y un levantamiento de los puntos necesarios mediante tecnología GNSS en estático y postproceso, para obtener las coordenadas en el sistema ETRS89 proyección UTM Huso 30 que permitan geo-referenciar el proyecto.

MODELIZACIÓN 3D DE LA FACHADA PRINCIPAL DEL MONASTERIO DE SANTIAGO DE UCLÉS

Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía

 	ALZADO - FACHADA PRINCIPAL
1/150	

11.4. DOCUMENTACIÓN DIGITAL

- Proyecto RealWorks
- Memoria del PFC
- Video divulgativo del modelo 3D
- Plano de las ortofotos